09P14882～14886②
US

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: ２００３年　３月１１日

出願番号
Application Number: 特願２００３－０６５２００

[ST. 10/C]: [ＪＰ２００３－０６５２００]

出願人
Applicant(s): ヤマハ株式会社

２００３年　９月　１日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office 今井康夫

出証番号　出証特２００３－３０７０８４４

【書類名】　特許願
【整理番号】　J10141B1
【提出日】　平成15年 3月11日
【あて先】　特許庁長官　殿
【国際特許分類】　H01L 43/12
【発明の名称】　磁気センサ及びその製造方法
【請求項の数】　7
【発明者】
【住所又は居所】　静岡県浜松市中沢町１０番１号　ヤマハ株式会社内
【氏名】　佐藤　秀樹
【発明者】
【住所又は居所】　静岡県浜松市中沢町１０番１号　ヤマハ株式会社内
【氏名】　相曽　功吉
【発明者】
【住所又は居所】　静岡県浜松市中沢町１０番１号　ヤマハ株式会社内
【氏名】　涌井　幸夫
【特許出願人】
【識別番号】　000004075
【氏名又は名称】　ヤマハ株式会社
【代理人】
【識別番号】　100064908
【弁理士】
【氏名又は名称】　志賀　正武
【選任した代理人】
【識別番号】　100089037
【弁理士】
【氏名又は名称】　渡邊　隆

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】　特願2002-304392

【出願日】　平成14年10月18日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】　008707

【納付金額】　21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】　明細書　1

【物件名】　図面　1

【物件名】　要約書　1

【包括委任状番号】　9001626

【プルーフの要否】　要

【書類名】　明細書

【発明の名称】　磁気センサ及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項１】　基板上に、少なくとも１つの磁気抵抗効果素子が形成され、この磁気抵抗効果素子の両端には永久磁石膜がそれぞれ接続され、この磁気抵抗効果素子により磁界の大きさを検出する磁気センサにおいて、

前記磁気抵抗効果素子のピンド層のピン止めされた磁化の向きと、該磁気抵抗効果素子の長手方向とは、４５°の角度をなすことを特徴とする磁気センサ。

【請求項２】　基板上に、少なくとも１つの磁気抵抗効果素子が形成され、この磁気抵抗効果素子の両端には永久磁石膜がそれぞれ接続され、この磁気抵抗効果素子により磁界の大きさを検出する磁気センサにおいて、

前記磁気抵抗効果素子のピンド層のピン止めされた磁化の向きと、前記永久磁石膜の磁化の向きとは、４５°の角度をなすことを特徴とする磁気センサ。

【請求項３】　前記磁気抵抗効果素子の規則化熱処理により規則化されたピニング層によりピン止めされたピンド層の磁化の向きは、永久磁石膜の着磁後の磁化の向きと同じであることを特徴とする請求項１または２記載の磁気センサ。

【請求項４】　前記永久磁石膜の着磁後の磁化の向きは、前記磁気抵抗効果素子のフリー層の長手方向と同じであることを特徴とする請求項１、２または３記載の磁気センサ。

【請求項５】　基板上に、永久磁石膜を形成する工程と、

ピニング層、ピンド層及びフリー層を含むスピンバルブ膜を形成する工程と、

前記ピニング層を規則化熱処理する工程と、

磁気抵抗効果素子の両端に前記永久磁石膜が接合されるように、スピンバルブ膜をパターニングして磁気抵抗効果素子とする工程と、

前記永久磁石膜を着磁する工程と、

を含む磁気センサの製造方法において、

前記規則化熱処理は、隣接する永久磁石片同士の極性が異なる様に複数の永久磁石片が配置されたマグネットアレイを用い、前記基板内のセルの四隅それぞれに前記永久磁石片が対応するように、前記マグネットアレイ上に前記基板を配置

し、該基板を加熱することにより行い、

前記永久磁石膜の着磁は、前記マグネットアレイ上に前記基板を、その相対位置を変えることなく配置し、着磁を行うことを特徴とする磁気センサの製造方法。

【請求項６】　基板上に、永久磁石膜を形成する工程と、

ピニング層、ピンド層及びフリー層を含むスピンバルブ膜を形成する工程と、

前記ピニング層を規則化熱処理する工程と、

磁気抵抗効果素子の両端に前記永久磁石膜が接合されるように、スピンバルブ膜をパターニングして磁気抵抗効果素子とする工程と、

前記永久磁石膜を着磁する工程と、

を含む磁気センサの製造方法において、

前記規則化熱処理は、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、該基板を加熱することにより行い、

前記永久磁石膜の着磁は、隣接する永久磁石片同士の極性が異なる様に複数の永久磁石片が配置されたマグネットアレイ上に前記基板を配置し、着磁を行うことを特徴とする磁気センサの製造方法。

【請求項７】　基板上に、永久磁石膜を形成する工程と、

ピニング層、ピンド層及びフリー層を含むスピンバルブ膜を形成する工程と、

前記ピニング層を規則化熱処理する工程と、

磁気抵抗効果素子の両端に前記永久磁石膜が接合されるように、スピンバルブ膜をパターニングして磁気抵抗効果素子とする工程と、

前記永久磁石膜を着磁する工程と、

を含む磁気センサの製造方法において、

前記規則化熱処理は、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、該基板を加熱することにより行い、

前記永久磁石膜の着磁は、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、着磁を行うことを特徴とする磁気センサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気センサ及びその製造方法に関し、特に、強い磁界が加わった場合におけるオフセットの動きを抑制することができ、その結果、耐強磁界特性を向上させることが可能な磁気センサ及びその製造方法に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

従来より、巨大磁気抵抗素子（以下、ＧＭＲ素子とも称する）等の磁気抵抗効果素子を用いた磁気センサが提案され、実用に供されている。

このＧＭＲ素子は、磁化の向きが所定の向きにピン止めされたピンド層と、磁化の向きが外部磁界に対応して変化するフリー層とを備え、外部磁界が加わった場合に、ピンド層の磁化の向きとフリー層の磁化の向きとの相対関係に応じた抵抗値を呈するもので、この抵抗値を測定することで外部磁界を検出するようになっている。

このような磁気センサにあっては、微小な外部磁界を精度良く検出するために、この外部磁界が磁気センサに加わっていない場合のフリー層の各磁区の磁化の向きを所定の向き（以下、この「所定の向き」を「初期状態の向き」とも称する。）に安定的に維持する必要がある。

【０００３】

そこで、一般には、薄膜のフリー層の平面視での形状を長方形とするとともに、同長方形の長辺（長軸）を前記初期状態の向きに一致させることにより、磁化の向きが長手方向に揃う形状異方性を利用して同フリー層の各磁区の磁化の向きを同初期状態の向きに一致させるようにしている。また、外部磁界が消滅したときにフリー層の各磁区の磁化の向きが長期安定的に前記初期状態の向きに復帰するように、フリー層の長手方向の両端部に永久磁石膜であるバイアス磁石膜を配し、同バイアス磁石膜によって同初期状態の向きの磁界を同フリー層に加えるようになっている。

また、ＡＭＲ型の磁気抵抗効果素子では、感度を上げるためにバイアス磁界の付与が必要となるが、これを４つの素子に均等に付与するために、基板に対して

磁気抵抗効果素子を４５°傾けた構造の磁気センサが提案されている（例えば、特許文献１参照）。

【０００４】

【特許文献１】

特開平０５－１２６５７７号公報　（段落番号［００１６］、第５（ａ）図）

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、従来の磁気センサにおいては、バイアス磁石膜の保磁力よりは小さいが比較的大きな磁界を有し、且つ初期状態の向きとは反対の向きの外部磁界が印加されると、フリー層の各磁区の磁化が変化し、その後、外部磁界を消滅させてもフリー層の各磁区の磁化の向きが初期状態の向きへ一致（復帰）しなくなり、磁界の検出精度が悪化してしまうという問題点があった。

また、微小な基板上に、ピンド層の磁化の向きが互いに交差する二以上の磁気抵抗効果素子を形成することは困難であり、そのような構成の単一チップも提案されていない。したがって、磁気センサの小型化ができず、また、ピンド層の磁化の向きの制約のために応用範囲を広くできないという問題点があった。

【０００６】

そこで、本発明者等は、小型化ができ、しかも応用範囲の広いＧＭＲ素子を用いた二軸の磁気センサを提案した（特願２００１－２８１７０３号）。

図２６は、本発明者等が提案したＧＭＲ素子を用いた二軸の磁気センサを示す平面図であり；この磁気センサ１０１は、所定の厚みを有する略正方形状の石英基板１０２と、この石英基板１０２上に形成されＸ軸方向の磁界を検出するＸ軸磁気センサを構成するＸ軸ＧＭＲ素子１１１～１１４と、同石英基板１０２上に形成されＸ軸と直交するＹ軸方向の磁界を検出するＹ軸磁気センサを構成するＹ軸ＧＭＲ素子１２１～１２４とにより構成されている。

【０００７】

Ｘ軸ＧＭＲ素子１１１～１１４は、石英基板１０２上のＸ軸に直交する二辺それぞれの中点近傍に一対づつ、かつ一対の素子同士が互いに平行になるように配

置されている。Ｙ軸ＧＭＲ素子１２１～１２４も同様に、石英基板１０２上のＹ軸に直交する二辺それぞれの中点近傍に一対づつ、かつ一対の素子同士が互いに平行になるように配置されている。

これらＸ軸ＧＭＲ素子１１１～１１４及びＹ軸ＧＭＲ素子１２１～１２４は、石英基板１０２上の配置と、石英基板１０２に対するピンド層のピン止めされた磁化の向きが異なる点を除き、全く同様の構造を備えている。

したがって、ここでは、Ｘ軸ＧＭＲ素子１１１を例に取り、その構造について説明する。

【０００８】

Ｘ軸ＧＭＲ素子１１１は、図２７及び図２８に示すように、互いに平行に配置された帯状のスピンバルブ膜１３１、１３１、…と、高保磁力、高角型比を有するＣｏＣｒＰｔ等の硬質強磁性体の薄膜からなるバイアス磁石膜１３２、１３２，…とにより構成されている。

各スピンバルブ膜１３１は、一方の端部が隣接する一方のスピンバルブ膜１３１にバイアス磁石膜１３２を介して接続され、他方の端部が隣接する他方のスピンバルブ膜１３１にバイアス磁石膜１３２を介して接続されることで、全体形状がつづらおり状とされている。

【０００９】

スピンバルブ膜１３１は、図２９に示すように、石英基板１０２上に、フリー層Ｆ、膜厚が２．４ｎｍ（２４Å）のＣｕからなる導電性のスペーサ層Ｓ、ＣｏＦｅからなるピンド層ＰＤ、ＰｔＭｎからなるピニング層ＰＮ、チタン（Ｔｉ）、タンタル（Ｔａ）等の金属薄膜からなるキャッピング層Ｃが順次積層されている。

フリー層Ｆは、外部磁界の向きに応じて磁化の向きが変化する層であり、膜厚が８ｎｍ（８０Å）のＣｏＺｒＮｂアモルファス磁性層１３１ａと、ＣｏＺｒＮｂアモルファス磁性層１３１ａ上に積層された膜厚が３．３ｎｍ（３３Å）のＮｉＦｅ磁性層１３１ｂと、ＮｉＦｅ磁性層１３１ｂ上に積層された１～３ｎｍ（１０～３０Å）程度の膜厚のＣｏＦｅ層１３１ｃとにより構成されている。

このフリー層Ｆには、その一軸異方性を維持するために、バイアス磁石膜１３

２により図２７中Ｙ軸方向にバイアス磁界が付与されている。

【００１０】

スペーサ層Ｓは、ＣｕもしくはＣｕ合金からなる金属薄膜である。

ＣｏＺｒＮｂアモルファス磁性層１３１ａとＮｉＦｅ磁性層１３１ｂは、軟質の強磁性体であり、ＣｏＦｅ層１３１ｃはＮｉＦｅ磁性層１３１ｂのＮｉ、及びスペーサ層ＳのＣｕの拡散を防止するものである。

ピンド層ＰＤは、膜厚が２．２ｎｍ（２２Å）のＣｏＦｅ磁性層１３１ｄにより構成されている。このＣｏＦｅ磁性層１３１ｄは、後述する反強磁性膜１３１ｅに交換結合的に裏打されることにより磁化の向きがＸ軸負方向にピン止め（固着）されている。

【００１１】

ピニング層ＰＮは、ＣｏＦｅ磁性層１３１ｄ上に積層されたＰｔを４５～５５ｍｏｌ％含むＰｔＭｎ合金からなる膜厚が２４ｎｍ（２４０Å）の反強磁性膜１３１ｅにより構成されている。この反強磁性膜１３１ｅは、Ｘ軸負方向に磁場が印加された結果、規則化されている。

これらピンド層ＰＤとピニング層ＰＮをあわせてピン層と称する。

なお、Ｘ軸ＧＭＲ素子１１２～１１４及びＹ軸ＧＭＲ素子１２１～１２４それぞれの構造も、上記のＸ軸ＧＭＲ素子１１１と全く同様の構造であるから、説明を省略する。

【００１２】

次に、Ｘ軸ＧＭＲ素子１１１～１１４及びＹ軸ＧＭＲ素子１２１～１２４の磁気特性について説明する。

Ｘ軸ＧＭＲ素子１１１は、図３０に示すように、Ｘ軸に沿って変化する外部磁界［Ｏｅ］に対しては、図中実線に示すように、－Ｈｋ～＋Ｈｋの領域では上記の外部磁界に略比例して抵抗値が変化し、この範囲の両側の領域ではほぼ一定となるヒステリシス曲線を呈し、Ｙ軸に沿って変化する外部磁界［Ｏｅ］に対しては、図中破線に示すように、上記の外部磁界に対しては略一定の抵抗値を呈する。

【００１３】

このＸ軸ＧＭＲ素子１１１、１１２は、図２６中矢印にて示したように、ピンド層のピン止めされた磁化の向きはＸ軸負方向となっている。

一方、Ｘ軸ＧＭＲ素子１１３、１１４は、図２６中矢印にて示したように、ピンド層のピン止めされた磁化の向きはＸ軸正方向となっている。

また、Ｙ軸ＧＭＲ素子１２１、１２２は、図２６中矢印にて示したように、ピンド層のピン止めされた磁化の向きはＹ軸正方向となっている。

一方、Ｘ軸ＧＭＲ素子１２３、１２４は、図２６中矢印にて示したように、ピンド層のピン止めされた磁化の向きはＹ軸負方向となっている。

【００１４】

Ｘ軸磁気センサ（Ｘ軸ＧＭＲ素子１１１～１１４）は、図３１に示すように、Ｘ軸ＧＭＲ素子１１１～１１４がフルブリッジ接続されている。なお、図３１において、矢印は各Ｘ軸ＧＭＲ素子１１１～１１４のピンド層のピン止めされた磁化の向きを示している。このような構成において、直流電源を用いて一方の端子にＶxin+（ここでは５Ｖ）を、他方の端子にＶxin-（ここでは０Ｖ）をそれぞれ印加すると、さらに一方の端子ＨからＶxout+が、また他方の端子ＬからＶxout-がそれぞれ取り出され、取り出された電位差（Ｖxout+－Ｖxout-）がセンサ出力Ｖxoutとして出力される。

この結果、Ｘ軸磁気センサは、図３２中実線にて示すように、Ｘ軸に沿って変化する外部磁界に対しては、－Ｈｋ～＋Ｈｋの範囲において同外部磁界に略比例して変化し、この範囲の両側の領域ではほぼ一定となる出力電圧Ｖxoutを示す。

一方、Ｙ軸に沿って変化する外部磁界に対しては、図３２中破線にて示すように、略「０Ｖ」の出力電圧Ｖxoutを示す。

【００１５】

Ｙ軸磁気センサ（Ｙ軸ＧＭＲ素子１２１～１２４）は、Ｘ軸磁気センサと同様、図３３に示すように、Ｙ軸ＧＭＲ素子１２１～１２４がフルブリッジ接続されている。このような構成において、直流電源を用いて一方の端子にＶyin+（ここでは５Ｖ）を、他方の端子にＶyin-（ここでは０Ｖ）をそれぞれ印加すると、さらに一方の端子ＨからＶyout+が、また他方の端子ＬからＶyout-がそれぞれ取り出され、取り出された電位差（Ｖyout+－Ｖyout-）がセンサ出力Ｖyoutとして出

力される。

この結果、Ｙ軸磁気センサは、図３４中破線にて示すように、Ｙ軸に沿って変化する外部磁界に対しては、－Ｈｋ～＋Ｈｋの範囲において同外部磁界に略比例して変化し、この範囲の両側の領域ではほぼ一定となる出力電圧Ｖyoutを示す。

一方、Ｘ軸に沿って変化する外部磁界に対しては、図３４中実線にて示すように略「０Ｖ」の出力電圧Ｖyoutを示す。

【００１６】

次に、この磁気センサ１０１の製造方法について説明する。

まず、図３５に示すように、長方形の石英ガラス１４１上に、個々のＧＭＲ素子を構成するための膜Ｍを島状に複数、成膜する。これらの膜Ｍは、石英ガラス１４１が後の切断工程によりブレークラインＢに沿って切断されることで個々の石英基板１０２に分割されたとき、Ｘ軸ＧＭＲ素子１１１～１１４及びＹ軸ＧＭＲ素子１２１～１２４の位置に配置されるように形成される。また、石英ガラス１４１の四隅には、長方形から十字形を除いた形状のアライメントマーク（位置決め用マーク）１４２を形成しておく。

【００１７】

次いで、図３６及び図３７に示すように、開口部が正方形状の貫通孔１４３が格子状に複数個形成された長方形の金属プレート１４４を準備し、この金属プレート１４４の各貫通孔１４３に、断面形状が貫通孔１４３と略同形状の直方体状の永久磁石片１４５、１４５、…を、各永久磁石片１４５の上端面が金属プレート１４４の表面に平行になるように、かつ、隣接する永久磁石片１４５同士の極性が異なるように、挿入する。

【００１８】

次いで、図３８に示すように、金属プレート１４４と略同一形状の透明石英ガラスからなるプレート１５１を準備する。このプレート１５１の四隅各々には、石英ガラス１４１のアライメントマーク１４２と協働して位置決めを行うための十字形のアライメントマーク（位置決め用マーク）１５２を形成しておく。また、石英ガラス１５１には、金属プレートの貫通孔１４３、１４３、…それぞれに対応する位置に、永久磁石１４５の外形形状に対応するアライメントマーク１５

３を形成しておく。

【００１９】

次いで、マグネットアレイの永久磁石片１４５、１４５、…の上端面をプレート１５１の下面に接着剤により接着する。このとき、アライメントマーク１５３を用いて永久磁石片１４５、１４５、…とプレート１５１との位置決めを行う。

その後、金属プレート１４４を下方から取り去る。これにより、永久磁石片１４５、１４５、…が格子状に配列され、かつ、隣接する永久磁石片１４５の上端の極性が互いに異なるマグネットアレイが作製される。

次いで、図４０に示すように、石英ガラス１４１の膜Mがプレート１５１の上面と接するように配置する。石英ガラス１４１とプレート１５１との位置合わせは、アライメントマーク１４２、１４２、…とアライメントマーク１５２、１５２、…とを相互に一致させることで行われる。その後、クリップ等の固定具１５５を複数個用いて、石英ガラス１４１とプレート１５１を固定する。

【００２０】

この状態では、図４１に示すように、１つの永久磁石片１４５のＮ極から隣接する永久磁石片１４５、１４５、…の各Ｓ極に向かう磁界が形成されている。したがって、図４２に示すように、１つの永久磁石片１４５の周囲に配置されている膜M、M、…には、Ｙ軸正方向、Ｘ軸正方向、Ｙ軸負方向、及びＸ軸負方向の磁界が加わっている。

そこで、石英ガラス１４１とプレート１５１を固定具１５５で固定したまま、真空中にて、２５０℃～２８０℃で４時間熱処理する。これにより、ＧＭＲ素子のピン層が規則化される。その後、石英ガラス１４１とプレート１５１を分離し、保護のためのパッシベーション膜、ポリイミド膜を形成し、石英ガラス１４１をブレークラインＢで切断する。これにより、磁気センサ１０１が製造される。

【００２１】

ところで、この二軸の地磁気センサは、従来のＡＭＲ型の磁気抵抗効果素子を４５°傾けた構造の磁気センサと比較して、バイアス磁界を用いずに地磁気レベルの磁界測定ができるという利点を有するが、強い磁界を加えると、磁化状態が変化し、ブリッジのオフセットが変化してしまうという問題点がある。

そこで、ＧＭＲ素子の両端に永久磁石を取り付け、強磁界でのオフセットの動きを抑制する方法も考えられる。具体的には、ＧＭＲ素子の長手方向、すなわち、フリー層の長手方向に永久磁石の保磁力Ｈｃより大きい磁界を印加して、永久磁石の着磁と同時にフリー層の初期化を行う。この方法には、上記のピン層の規則化熱処理で用いられたマグネットアレイを用いることができる。

【００２２】

しかしながら、この方法においては、規則化熱処理の際にＧＭＲ素子の長手方向と直交する方向に磁界を与え、また、永久磁石膜の着磁の際にＧＭＲ素子の長手方向と同じ方向に磁界を与える必要があるので、それぞれの工程においては、付与する磁界の向きが異なることとなる。

また、マグネットアレイは、規則化熱処理の際には、石英ガラス上の各セルの中心とマグネットアレイの永久磁石片の重心が一致するように配置し、永久磁石膜の着磁の際には、石英ガラスの四隅に永久磁石片の重心が一致するようにずらして配置することになるので、マグネットアレイに位置ずれが生じて初期化の向きがずれてしまい、測定精度が劣ったものとなる。また、使用時においては、強磁場が印加された場合にオフセットが変動し易くなる。

このように、ＧＭＲ素子の弱磁場でのヒステリシス低減の効果はあるものの、オフセットの安定性は不十分である。

また、ＧＭＲ素子の下側に薄膜コイルを埋設し、初期化磁界を印加することにより、強磁界で動いた磁化状態を元へ戻すことも考えられるが、この方法においても、オフセットの安定性は不十分である。

【００２３】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであって、強い磁界が加わった場合におけるオフセットの動きを抑制することができ、その結果、耐強磁界特性を向上させることができる磁気センサ及びその製造方法を提供することを目的とする。

【００２４】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明は次の様な磁気センサ及びその製造方法を

提供した。

すなわち、本発明の磁気センサは、基板上に、少なくとも１つの磁気抵抗効果素子が形成され、この磁気抵抗効果素子の両端には永久磁石膜がそれぞれ接続され、この磁気抵抗効果素子により磁界の大きさを検出する磁気センサにおいて、前記磁気抵抗効果素子のピンド層のピン止めされた磁化の向きと、該磁気抵抗効果素子の長手方向とは、４５°の角度をなすことを特徴とする磁気センサ。

【００２５】

この磁気センサでは、前記磁気抵抗効果素子のピンド層のピン止めされた磁化の向きと、該磁気抵抗効果素子の長手方向とが、４５°の角度をなすことにより、強い磁界が加わった場合においても、ブリッジのオフセットの動きが抑制される。これにより、耐強磁界特性を向上させることが可能になる。

【００２６】

本発明の他の磁気センサは、基板上に、少なくとも１つの磁気抵抗効果素子が形成され、この磁気抵抗効果素子の両端には永久磁石膜がそれぞれ接続され、この磁気抵抗効果素子により磁界の大きさを検出する磁気センサにおいて、前記磁気抵抗効果素子のピンド層のピン止めされた磁化の向きと、前記永久磁石膜の磁化の向きとは、４５°の角度をなすことを特徴とする。

【００２７】

この磁気センサでは、前記磁気抵抗効果素子のピンド層のピン止めされた磁化の向きと、前記永久磁石膜の磁化の向きとが、４５°の角度をなすことにより、強い磁界が加わった場合においても、ブリッジのオフセットの動きが抑制される。これにより、耐強磁界特性を向上させることが可能になる。

【００２８】

本発明の磁気センサにおいては、前記磁気抵抗効果素子の規則化熱処理により規則化されたピニング層によりピン止めされたピンド層の磁化の向きは、永久磁石膜の着磁後の磁化の向きと同じであることが好ましい。

また、前記永久磁石膜の着磁後の磁化の向きは、前記磁気抵抗効果素子のフリー層の長手方向と同じであることが好ましい。

【００２９】

本発明の磁気センサの製造方法は、基板上に、永久磁石膜を形成する工程と、ピニング層、ピンド層及びフリー層を含むスピンバルブ膜を形成する工程と、前記ピニング層を規則化熱処理する工程と、磁気抵抗効果素子の両端に前記永久磁石膜が接合されるように、スピンバルブ膜をパターニングして磁気抵抗効果素子とする工程と、前記永久磁石膜を着磁する工程と、を含む磁気センサの製造方法において、前記規則化熱処理は、隣接する永久磁石片同士の極性が異なる様に複数の永久磁石片が配置されたマグネットアレイを用い、前記基板内のセルの四隅それぞれに前記永久磁石片が対応するように、前記マグネットアレイ上に前記基板を配置し、該基板を加熱することにより行い、前記永久磁石膜の着磁は、前記マグネットアレイ上に前記基板を、その相対位置を変えることなく配置し、着磁を行うことを特徴とする。

【００３０】

この磁気センサの製造方法では、前記規則化熱処理を、隣接する永久磁石片同士の極性が異なる様に複数の永久磁石片が配置されたマグネットアレイを用い、前記基板内のセルの四隅それぞれに前記永久磁石片が対応するように、前記マグネットアレイ上に前記基板を配置し、該基板を加熱することとし、前記永久磁石膜の着磁を、前記マグネットアレイ上に前記基板を、その相対位置を変えることなく配置し、着磁を行うことにより、前記磁気抵抗効果素子のピンド層に対して、その長軸に対して４５°の角度で傾斜する磁化を容易に付与する。これにより、前記磁気抵抗効果素子のピンド層の磁化の向きと前記永久磁石膜の磁化の向きとが４５°の角度をなすように、前記磁気抵抗効果素子のピンド層が容易にピン止めされる。

【００３１】

本発明の他の磁気センサの製造方法は、基板上に、永久磁石膜を形成する工程と、ピニング層、ピンド層及びフリー層を含むスピンバルブ膜を形成する工程と、前記ピニング層を規則化熱処理する工程と、磁気抵抗効果素子の両端に前記永久磁石膜が接合されるように、スピンバルブ膜をパターニングして磁気抵抗効果素子とする工程と、前記永久磁石膜を着磁する工程と、を含む磁気センサの製造方法において、前記規則化熱処理は、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方

向に一致するように前記基板を配置し、該基板を加熱することにより行い、前記永久磁石膜の着磁は、隣接する永久磁石片同士の極性が異なる様に複数の永久磁石片が配置されたマグネットアレイ上に前記基板を配置し、着磁を行うことを特徴とする。

【００３２】

この磁気センサの製造方法では、前記規則化熱処理を、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、該基板を加熱することとし、前記永久磁石膜の着磁を、隣接する永久磁石片同士の極性が異なる様に複数の永久磁石片が配置されたマグネットアレイ上に前記基板を配置し、着磁を行うことにより、前記磁気抵抗効果素子のピンド層に対して、その長軸に対して４５°の角度で傾斜する磁化を容易に付与する。これにより、前記磁気抵抗効果素子のピンド層の磁化の向きと前記永久磁石膜の磁化の向きとが４５°の角度をなすように、前記磁気抵抗効果素子のピンド層が容易にピン止めされる。

【００３３】

本発明のさらに他の磁気センサの製造方法は、基板上に、永久磁石膜を形成する工程と、ピニング層、ピンド層及びフリー層を含むスピンバルブ膜を形成する工程と、前記ピニング層を規則化熱処理する工程と、磁気抵抗効果素子の両端に前記永久磁石膜が接合されるように、スピンバルブ膜をパターニングして磁気抵抗効果素子とする工程と、前記永久磁石膜を着磁する工程と、を含む磁気センサの製造方法において、前記規則化熱処理は、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、該基板を加熱することにより行い、前記永久磁石膜の着磁は、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、着磁を行うことを特徴とする。

【００３４】

この磁気センサの製造方法では、前記規則化熱処理を、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、該基板を加熱することとし、前記永久磁石膜の着磁を、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、着磁を行うことにより、前記磁気抵抗効果素子のピンド層に対して、その長軸に対して４５°の角度で傾斜する磁化を容易

に付与する。これにより、前記磁気抵抗効果素子のピンド層の磁化の向きと前記永久磁石膜の磁化の向きとが４５°の角度をなすように、前記磁気抵抗効果素子のピンド層が容易にピン止めされる。

【００３５】

【発明の実施の形態】

本発明の磁気センサ及びその製造方法の各実施の形態について図面に基づき説明する。

【００３６】

「第１の実施形態」

図１は本発明の第１の実施形態の磁気センサを示す平面図であり、ＧＭＲ素子を用いた二軸の磁気センサの例である。

この磁気センサ１は、所定の厚みを有する略正方形状の石英基板２と、この石英基板２上に形成されX’軸方向の磁界を検出するＸ軸磁気センサを構成するＸ軸ＧＭＲ素子１１～１４と、同石英基板２上に形成されX’軸と直交するY’軸方向の磁界を検出するＹ軸磁気センサを構成するＹ軸ＧＭＲ素子２１～２４とにより構成されている。具体的には、図１に示すＸ軸、Ｙ軸とそれぞれ４５°の角度をなすX’軸、Y’軸の方向に、Ｘ軸磁気センサとＹ軸磁気センサの感度方向がある。

この石英基板２の替わりに、シリコンウエハを用いてもよい。

【００３７】

Ｘ軸ＧＭＲ素子１１～１４は、石英基板２上のＸ軸に直交する二辺それぞれの中点の近傍に一対づつ、かつ一対の素子同士が互いに平行になるように配置されている。Ｙ軸ＧＭＲ素子２１～２４も同様に、石英基板２上のＹ軸に直交する二辺それぞれの中点の近傍に一対づつ、かつ一対の素子同士が互いに平行になるように配置されている。

【００３８】

これらＸ軸ＧＭＲ素子１１～１４及びＹ軸ＧＭＲ素子２１～２４は、互いに平行に配置されたスピンバルブ膜からなる複数の帯状の磁気抵抗効果素子３１と、この磁気抵抗効果素子３１の長軸方向の両端部に接続され高保磁力、高角型比を

有するＣｏＣｒＰｔ等の硬質強磁性体の薄膜からなる永久磁石膜３２、３２とにより構成され、これら互いに隣接する磁気抵抗効果素子３１の長手方向と、永久磁石膜３２、３２のそれぞれの長手方向とは、４５°の角度をなしている。

【００３９】

この磁気抵抗効果素子３１は、その長軸方向が近接する石英基板２の辺に対して４５°となるように形成されている。また、永久磁石膜３２、３２は、その長軸方向が近接する石英基板２の辺に対して平行になるように、かつ前記辺からの距離が互いに異なるように形成されている。

磁気抵抗効果素子３１のフリー層の磁化の向きは、その長軸に沿う方向であり、永久磁石膜３２、３２の磁化の向きも、その長軸に沿う方向であるから、磁気抵抗効果素子３１のフリー層の磁化の向きと永久磁石膜３２、３２の磁化の向きとは４５°の角度となっている。

【００４０】

この磁気抵抗効果素子３１のピンド層のピン止めされた磁化の向きと、この磁気抵抗効果素子３１の長手方向とは、４５°とされている。すなわち、規則化熱処理の際の磁界の向きと、磁気抵抗効果素子３１の長手方向とは、４５°とされている。

また、この磁気抵抗効果素子３１のピンド層のピン止めされた磁化の向きは、永久磁石膜３２、３２の磁化の向きと同じとされている。すなわち、規則化熱処理の際の磁界の向きは、着磁の際の磁界の向きと同じとされている。

【００４１】

上記のスピンバルブ膜そのものの構造は、従来のＸ軸ＧＭＲ素子１１１～１１４及びＹ軸ＧＭＲ素子１２１～１２４のスピンバルブ膜１３１と全く同一の構造であるから、ここでは、膜構造の詳細については説明を省略する。

これらＸ軸ＧＭＲ素子１１～１４及びＹ軸ＧＭＲ素子２１～２４においては、磁気抵抗効果素子３１のピンド層ＰＤの磁化の方向と、永久磁石膜３２の磁化の方向が同じである。

また、磁気抵抗効果素子３１のフリー層Ｆの長軸方向と、永久磁石膜３２の長軸方向とは、４５°傾斜した状態で接続されている。

【００４２】

次に、この磁気センサ１の製造方法について説明する。

従来の磁気センサ１０１と同様、長方形の石英ガラス上に、個々のＧＭＲ素子に接続される永久磁石膜３２、３２を島状に複数、成膜する。ここでは、図２に示すように、これらの膜Ｎ、Ｎにより画定されるＧＭＲ素子が配置される領域Ｍは、石英ガラス４１が後の切断工程によりブレークラインＢに沿って切断されることで個々の石英基板２に分割されたとき、Ｘ軸ＧＭＲ素子１１～１４及びＹ軸ＧＭＲ素子２１～２４の位置に配置されるように形成される。

また、石英ガラス４１の四隅には、アライメントマーク（図示せず）を形成しておく。この永久磁石膜３２、３２の形成後、ＧＭＲ素子を構成するための膜を全面に成膜する。

【００４３】

次いで、図３に示すように、開口部が正方形状の貫通孔４３が格子状に複数個形成された金属プレート４４を準備し、この金属プレート４４の各貫通孔４３に、断面形状が貫通孔４３と略同形状の直方体状の永久磁石膜片４５、４５、…を、各永久磁石片４５の上端面が金属プレート４４の表面に平行になるように、かつ、隣接する永久磁石片４５同士の極性が異なるように、挿入する。

次いで、金属プレート４４と略同一形状の透明石英ガラスからなるプレートを準備する。

貫通孔４３内の位置に対応するアライメントマーク１５３の位置は、従来のプレートの位置と同じである。

【００４４】

一方、後に石英ガラスと位置決めを行うためのアライメントマーク１５２については、これらのアライメントマーク１５２の位置から石英基板２の辺の長さの１／２だけＸ軸負方向及びＹ軸負方向にずらした（以下、「半ピッチずらした」という）位置にアライメントマークを形成する。

なお、従来のアライメントマーク１５２と半ピッチずらしたアライメントマークを共存させてもよい。

上記の永久磁石片４５、４５、…が格子状に配列されたマグネットアレイの永

久磁石片４５、４５、…の上端面を、このプレートの下面に接着剤により接着する。このとき、アライメントマーク１５３を用いて永久磁石片４５、４５、…とプレートとの位置決めを行う。

その後、金属プレート４４を取り去る。これにより、永久磁石片４５、４５、…が格子状に配列され、かつ、隣接する永久磁石片４５同士の極性が異なるマグネットアレイが作製される。

【００４５】

次いで、石英ガラス４１の膜Mがプレートの上面と接するように配置する。石英ガラス４１とプレートとの位置合わせは、プレートの半ピッチずらしたアライメントマークと石英ガラス４１の従来のアライメントマークを相互に一致させることで行われる。これにより、石英ガラス４１中の個々のセルとなる石英基板２の四隅が永久磁石片４５、４５、…それぞれの重心の位置に対応することとなる。その後、クリップ等の固定具を複数個用いて、石英ガラス４１とプレートを固定する。

【００４６】

次いで、磁気抵抗効果素子３１のピニング層ＰＮの規則化熱処理、これに伴うピンド層ＰＤのピン止めを行う。

石英ガラス４１とプレートを固定した状態では、図２に示すように、後の切断工程により分割される石英基板２の四隅に、隣接する永久磁石片４５の極性が互いに異なるように、永久磁石片４５、４５、…が配置されるので、一方の永久磁石片４５（Ｎ極）から、他方の永久磁石片４５（Ｓ極）に向かう磁界が形成されることとなる。この磁界は石英基板２の各辺と平行であるから、各膜Mにおいては、磁気抵抗効果素子３１のピン層の長軸方向に対して４５°傾斜した方向に磁界が印加されることとなる。

【００４７】

その後、石英ガラス４１とプレートを固定具で固定したまま、真空中にて、２５０℃～２８０℃で４時間熱処理する。

これにより、Ｘ軸ＧＭＲ素子１１～１４及びＹ軸ＧＭＲ素子２１～２４各々の磁気抵抗効果素子３１のピン層のうち、ピニング層ＰＮの規則化熱処理を行うこ

とができる。これにより、ピンド層ＰＤは交換結合によりピン止めされる。

ここで、Ｘ軸ＧＭＲ素子１１～１４及びＹ軸ＧＭＲ素子２１～２４を、所定の形状となるようにパターニングし、永久磁石３２、３２に接続し、つづらおり状とする。

この磁気センサ１では、磁気抵抗効果素子３１のピン層のＸ軸感度方向Ｆ１及びＹ軸感度方向Ｆ２は、図５の様に、それぞれの方向が石英基板２の各辺に対して４５°傾斜した方向となる。

【００４８】

次いで、図６に示すように、同一のマグネットアレイを用い、しかも、このマグネットアレイの位置を変えることなく、石英基板２の四隅と永久磁石片４５、４５、…それぞれの重心の位置が一致するように配置された状態で永久磁石膜３２の着磁を行う。

ここでは、永久磁石膜３２の着磁における磁界の印加方向を、磁気抵抗効果素子３１のピンド層Ｐの着磁における磁界の印加方向と同一とする。

このようにして、磁気抵抗効果素子３１のピンド層ＰＤがピン止めされ、かつ永久磁石膜３２が着磁された磁気センサ１を作製することができる。

【００４９】

図７は、この磁気センサ１のＸ軸磁気センサ（Ｘ軸ＧＭＲ素子１１～１４）のブリッジ接続を示すブロック図であり、図中、$Ｘ_1$はＸ軸ＧＭＲ素子１１、１２からなる素子群であり、$Ｘ_2$はＸ軸ＧＭＲ素子１３、１４からなる素子群である。

これらＸ軸ＧＭＲ素子１１～１４の感度方向は、図５のＸ軸感度方向Ｆ１となるから、外部からＸ軸感度方向Ｆ１に磁場が加わった場合、図中、Ｈが高電位となり、外部からＸ軸感度方向Ｆ１と逆方向に磁場が加わった場合、図中、Ｌが高電位となる。

【００５０】

図８は、この磁気センサ１のＹ軸磁気センサ（Ｙ軸ＧＭＲ素子２１～２４）のブリッジ接続を示すブロック図であり、図中、$Ｙ_1$はＹ軸ＧＭＲ素子２１、２２からなる素子群であり、$Ｙ_2$はＹ軸ＧＭＲ素子２３、２４からなる素子群である

。

これらＹ軸ＧＭＲ素子２１～２４の感度方向は、図５のＹ軸感度方向Ｆ２となるから、外部からＹ軸感度方向Ｆ２に磁場が加わった場合、図中、Ｈが高電位となり、外部からＹ軸感度方向Ｆ２と逆方向に磁場が加わった場合、図中、Ｌが高電位となる。

【００５１】

図９は、この磁気センサ１のＸ軸ＧＭＲ素子１１～１４及びＹ軸ＧＭＲ素子２１～２４各々の磁気特性を示す図であり、図１０は従来のＸ軸ＧＭＲ素子１１１～１１４及びＹ軸ＧＭＲ素子１２１～１２４各々の磁気特性を示す図である。

図中、実線は各ＧＭＲ素子の感度方向の磁気特性を、破線は同じＧＭＲ素子の無感度方向の磁気特性を、それぞれ示している。

【００５２】

本実施形態のＧＭＲ素子では、感度方向のループにはヒステリシスが認められず、無感度方向のループにヒステリシスが認められるが、このヒステリシスは磁場が零あるいはその近傍では無く、これにより、耐強磁界特性が向上したものとなっている。

一方、従来の各ＧＭＲ素子においても、無感度方向のループにヒステリシスが認められるが、このヒステリシスは磁場が零の近傍にあるために、耐強磁界特性が低下したものとなっている。

したがって、本実施形態のＧＭＲ素子は、磁気抵抗効果素子３１の長手方向と永久磁石膜３２、３２のそれぞれの長手方向とを４５°とすることで、従来のＧＭＲ素子に比べて耐強磁界特性が大幅に向上していることが分かる。

【００５３】

以上説明した様に、本実施形態の磁気センサ１によれば、石英基板２上にＸ軸ＧＭＲ素子１１～１４及びＹ軸ＧＭＲ素子２１～２４を形成し、これらＸ軸ＧＭＲ素子１１～１４及びＹ軸ＧＭＲ素子２１～２４各々の磁気抵抗効果素子３１のピンド層ＰＤの磁化の方向とフリー層Ｆの磁化の方向とのなす角度を４５°としたので、強い磁界が加わった場合においても、ブリッジのオフセットの動きを抑制することができ、耐強磁界特性を向上させることができる。

【００５４】

また、本実施形態の磁気センサ１の製造方法によれば、後の切断工程により分割される石英基板２の四隅に、隣接する永久磁石片４５の極性が互いに異なるように、永久磁石片４５、４５、…を配置し、各膜Mに、その長軸方向と一致する磁界を印加するので、強い磁界が加わった場合においても、ブリッジのオフセットの動きを抑制することができ、耐強磁界特性を向上させることができる磁気センサ１を、簡単な工程でしかも容易に作製することができる。

【００５５】

本実施形態においては、形状も間隔も位置も変更しない全く同一の貫通孔に対応するプレートであって、半ピッチずらしたアライメントマークを形成したものを用いたが、貫通孔４３の位置だけを半ピッチずらした別のプレートを用いてもよい。また、半ピッチずらしたアライメントマークと従来のアライメントマークの両方を形成したものを用いてもよい。

【００５６】

また、マグネットアレイは、上述した石英ガラスからなるプレート４４に永久磁石片４５を接着したものの他、図１１（ａ）に示すように、例えば、４２アロイ等のニッケル鉄（Ｎｉ－Ｆｅ）合金からなる基板４６上に、永久磁石片４５の外形形状に対応する貫通孔４３が複数個形成されたタングステン（W）等からなる金属プレート４７を配置して、これら基板４６及び金属プレート４７を接着し、貫通孔４３各々に永久磁石片４５を装着したものを用いてもよい。

これら基板４６及び金属プレート４７は、図１１（ｂ）に示すように、従来と同様、石英ガラス４１にクリップ等の固定具１５５を複数個用いて固定される。

【００５７】

このマグネットアレイでは、４２アロイ等のニッケル鉄（Ｎｉ－Ｆｅ）合金やタングステン（W）は、シリコン（Ｓｉ）と熱膨張係数が近いので、加熱により熱膨張が生じた場合においても、位置ずれを生じる虞がなく、アレイの精度が向上する。また、金属プレート４７は外すことなく、そのままマグネットアレイの一部として用いられるので、永久磁石片４５の保持精度が向上し、しかも製造が容易である。

【００５８】

「第２の実施形態」

図１２は本発明の第２の実施形態の磁気センサを示す平面図であり、本実施形態の磁気センサ５０が第１の実施形態の磁気センサ１と異なる点は、磁気抵抗効果素子３１の長軸方向が、石英基板２の近接する辺と平行になっている点である。

すなわち、この磁気センサ５０は、所定の厚みを有する略正方形状の石英基板２と、この石英基板２上に形成されＸ軸方向の磁界を検出するＸ軸磁気センサを構成するＸ軸ＧＭＲ素子５１～５４と、同石英基板２上に形成されＸ軸と直交するＹ軸方向の磁界を検出するＹ軸磁気センサを構成するＹ軸ＧＭＲ素子６１～６４とにより構成されている。

【００５９】

Ｘ軸ＧＭＲ素子５１～５４は、石英基板２上のＸ軸に直交する二辺それぞれの中点の近傍に一対づつ、かつ一対の素子同士が互いに平行になるように配置されている。Ｙ軸ＧＭＲ素子６１～６４も同様に、石英基板２上のＹ軸に直交する二辺それぞれの中点の近傍に一対づつ、かつ一対の素子同士が互いに平行になるように配置されている。

【００６０】

これらＸ軸ＧＭＲ素子５１～５４及びＹ軸ＧＭＲ素子６１～６４は、互いに平行に配置された複数の帯状のスピンバルブ膜からなる全体形状が略平行四辺形状の磁気抵抗効果素子３１と、この磁気抵抗効果素子３１の長軸方向の両端部に接続され高保磁力、高角型比を有するＣｏＣｒＰｔ等の硬質強磁性体の略正方形状の薄膜からなる永久磁石膜３２、３２とにより構成され、これら磁気抵抗効果素子３１及び永久磁石膜３２、３２それぞれの長手方向が一致するように配置されている。

【００６１】

この磁気抵抗効果素子３１は、その長軸方向が近接する石英基板２の辺に平行に形成されている。また、永久磁石膜３２、３２も、その長軸方向が近接する石英基板２の辺に平行になるように、かつ前記辺からの距離が互いに等しくなるよ

うに形成されている。

磁気抵抗効果素子３１のピンド層の磁化の向きは、その長軸に対して４５°傾斜した方向であり、永久磁石膜３２、３２の磁化の向きは、その長軸に沿う方向であるから、磁気抵抗効果素子３１のピンド層の磁化の向きと永久磁石膜３２、３２の磁化の向きとは４５°の角度をなすことになる。

【００６２】

上記のスピンバルブ膜そのものの構造は、第１の実施形態の磁気センサ１と全く同様、従来のＸ軸ＧＭＲ素子１１１～１１４及びＹ軸ＧＭＲ素子１２１～１２４のスピンバルブ膜１３１と全く同一の構造であるから、ここでは、膜構造の詳細については説明を省略する。

【００６３】

これらＸ軸ＧＭＲ素子５１～５４及びＹ軸ＧＭＲ素子６１～６４においては、磁気抵抗効果素子３１のピンド層ＰＤの長軸方向と、永久磁石膜３２の長軸方向が一致するように接続されている。

この磁気抵抗効果素子３１のピンド層ＰＤにおいては、その磁化の方向が、その長軸方向に対して４５°傾斜しているので、磁気抵抗効果素子３１のピンド層ＰＤの磁化の方向と、永久磁石膜３２の磁化の方向とのなす角度は４５°となる。

【００６４】

次に、この磁気センサ５０の製造方法について説明する。

本実施形態においては、２種のマグネットアレイを使用する。

上記の磁気センサ１と同様、長方形の石英ガラス上に、永久磁石膜３２、３２及び個々のＧＭＲ素子を構成するためのスピンバルブ膜を成膜する。

【００６５】

次いで、図１３に示すように、開口部が長方形状の貫通孔４３が４５°をなすように平行に複数個形成された長方形の第１の金属プレート６７を準備し、この第１の金属プレート６７の各貫通孔４３に、断面形状が貫通孔４３と略同形状の直方体状の永久磁石からなる棒磁石６８、６８、…を、各棒磁石６８の上端面が第１の金属プレート６７の表面に平行になるように、かつ、隣接する棒磁石６８

同士の極性が異なるように、挿入する。

その後、第１の金属プレート６７を取り去る。これにより、棒磁石６８、６８、…が平行に配列され、かつ、隣接する棒磁石６８同士の極性が異なるマグネットアレイが作製される。

【００６６】

次いで、第１の実施形態と同様、第１の金属プレート６７と略同一形状の第１の透明石英ガラスからなるプレートを準備し、上記の棒磁石６８、６８、…が平行に配列された第１のマグネットアレイの棒磁石６８、６８、…の上端面を、この第１のプレートの下面に接着剤により接着する。このとき、アライメントマークを用いて棒磁石６８、６８、…と第１のプレートとの位置決めを行う。

次いで、石英基板が第１のプレートの上面と接するように配置する。石英ガラス４１と第１のプレートとの位置合わせは、アライメントマークを相互に一致させることで行われる。その後、クリップ等の固定具を複数個用いて、石英ガラス４１と第１のプレートを固定する。

このような棒磁石６８、６８、…を平行に配列したマグネットアレイは、その位置及び間隔がずれても、磁場の向きにずれが生じないので、規則化熱処理の際に、ばらつきが生じず、精度がよい。

【００６７】

本実施形態においても、第１の実施形態と同様、例えば、４２アロイのニッケル鉄（Ｎｉ－Ｆｅ）合金からなる基板上に、棒磁石６８の外形形状に対応する貫通孔が複数個形成されたタングステン（Ｗ）等からなる金属プレートを配置して、これら基板及び金属プレートを接着し、貫通孔各々に棒磁石６８を装着したものを用いてもよい。

【００６８】

マグネットアレイとしては、上述のマグネットアレイの他、下記に挙げるような様々な構造のマグネットアレイを用いてもよい。

（１）極性の異なる棒磁石を交互に配置したマグネットアレイ

図１４（ａ）に示すように、Ｓｉ基板７１の表面（一主面）７１ａに、ダイシングソー７２を用いて平行な複数の溝７３を形成する。これらの溝７３の幅は、

装着される棒磁石６８の幅と略同一とし、また、ダイシングソー７２の幅とも略同一とする。また、これらの溝７３の間隔は、上述のマグネットアレイと同様、石英基板２の対角線の長さの１／２とする。

【００６９】

次いで、図１４（ｂ）に示すように、これらの溝７３各々に、棒磁石６８を、隣り合う棒磁石６８、６８の極性が異なるように挿入する。この場合、棒磁石６８、６８、…の極性は、図１５に示すように、Ｓｉ基板７１の表面７１ａ側でＮ、Ｓ、Ｎ、…と交互に配置されたものとなっている。

この様にして、Ｓｉ基板７１に極性の異なる棒磁石６８を交互に配置したマグネットアレイを作製することができる。

【００７０】

このマグネットアレイでは、隣り合う棒磁石６８、６８の間隔は、石英基板２の対角線の長さの１／２とされているので、これを石英ガラス４１上に載置した場合、図１６に示すように、１つの棒磁石６８を１つのセル（後工程で分割される石英基板２となる領域）７５の対角線上に合わせると、これに隣接する棒磁石６８、６８は前記対角線を挟んで対称の位置にあるセル７５の隅部に位置することとなる。

【００７１】

（２）極性の同じ棒磁石を互いに平行に配置したマグネットアレイ

図１７（ａ）に示すように、４２アロイ（Ｎｉ－Ｆｅ合金）基板７７の表面（一主面）７７ａに、ダイシングソー７２を用いて平行な複数の溝７３を形成する。これらの溝７３の幅は、装着される棒磁石６８の幅と略同一とする。また、これらの溝７３の間隔は、石英基板２の対角線の長さと同じとする。

次いで、図１７（ｂ）に示すように、これらの溝７３各々に、棒磁石６８を、隣り合う棒磁石６８、６８の極性が同じになるように挿入する。この場合、棒磁石６８、６８、…の極性は、図１８に示すように、４２アロイ基板７７の表面７７ａ側で、例えば、Ｎ、Ｎ、…と交互に配置されたものとなっている。

【００７２】

ここでは、図１８に示すように、隣接する棒磁石６８、６８の間の４２アロイ

がＮと逆の極性Ｓをもつので、棒磁石６８、６８、…がＮ、これらの間の４２アロイがＳというように、見かけ上、表面７７ａ上の一方向（図１８中、左右方向）に沿って、Ｎ、Ｓ、Ｎ、…と極性の異なる棒磁石が石英基板２の対角線の１／２の長さの間隔で、平行に配置されたものと同じ状態になる。

この様にして、４２アロイ基板７７に極性の同じ棒磁石６８を互いに平行に配置したマグネットアレイを作製することができる。

【００７３】

このマグネットアレイでは、隣り合う棒磁石６８、６８の間隔は、石英基板２の対角線の長さに等しいとされているので、これを石英ガラス４１上に載置した場合、図１９に示すように、１つの棒磁石６８を１つのセル７５の対角線上に合わせると、この対角線を挟んで対称の位置にあるセル７５の隅部は、この棒磁石６８と、これに隣接する棒磁石６８、６８との間隔を２等分する線分７６、７６に一致することとなる。これらの線分７６、７６の位置は、棒磁石６８と極性の異なる磁石（Ｓ極）と等価であるから、セル７５の隅部には磁石のＳ極が配置された状態となる。

このようなマグネットアレイを用いると、棒磁石６８同士が引き合って倒れたり、回転したり等が無く、薄い金属プレートでは防止することができなかった棒磁石６８の固定を容易かつ精度良く行うことができる。

【００７４】

次いで、磁気抵抗効果素子３１のピン層のうち、ピニング層ＰＮの規則化熱処理を行う。

図２０に示すように、棒磁石６８、６８、…を、隣接する棒磁石６８、６８の両端の極性が互いに異なるように、石英ガラス４１上に、その一辺に対して４５°傾斜した状態で載置する。

この場合、隣接する棒磁石６８、６８の間では、一方から他方へ向かう磁界が形成されることとなるが、この磁界は石英基板２の各辺に対して４５°傾斜しているので、スピンバルブ膜の領域Ｍには、その長軸方向に対して４５°傾斜する方向の磁界が印加されることとなる。

【００７５】

その後、石英ガラス４１とプレートを固定具で固定したまま、真空中にて、２５０℃～２８０℃で４時間熱処理する。

これにより、Ｘ軸ＧＭＲ素子５１～５４及びＹ軸ＧＭＲ素子６１～６４各々の磁気抵抗効果素子３１のピニング層の規則化熱処理を行うことができる。

この後、第１の実施形態と同様に、スピンバルブ膜のパターニングを行う。

この磁気センサ５０では、磁気抵抗効果素子３１のピンド層ＰのＸ軸感度方向Ｆ１及びＹ軸感度方向Ｆ２は、図２１の様になる。

【００７６】

次いで、図２２に示すように、第１の実施形態にて用いたマグネットアレイと同様の構成のマグネットアレイを用いて永久磁石膜３２の着磁を行う。

ここでは、第１の実施形態と同様、後の切断工程により分割される石英基板２の四隅に、隣接する永久磁石片４５の極性が互いに異なるように、永久磁石片４５、４５、…が配置されるので、一方の永久磁石片４５（Ｎ極）から、他方の永久磁石片４５（Ｓ極）に向かう磁界が形成されることとなる。この磁界は石英基板２の各辺と平行であるから、永久磁石膜３２には、その長軸方向と一致する磁界が印加されることとなる。

【００７７】

このようにして、磁気抵抗効果素子３１のピン層のフリー層Ｆの初期化及び永久磁石膜３２が着磁された磁気センサ５０を作製することができる。

この磁気センサ５０のブリッジ接続については、第１の実施形態と全く同様である。

本実施形態においても、第１の実施形態と全く同様の効果を奏することができる。

【００７８】

「第３の実施形態」

上記の第２の実施形態では、第１の実施形態にて用いたマグネットアレイと同様の構成のマグネットアレイを用いて永久磁石膜３２の着磁を行ったが、この着磁は、第２の実施形態の規則化熱処理で用いたマグネットアレイを、その位置を変えることなく、そのまま用いることによっても行うことができる。

この着磁では、後の工程により分割される石英基板２の対角線に沿い、かつ、この石英基板２の一辺に対して４５°の角度で傾斜してなる磁界が形成されるため、石英基板２の各辺に対して平行にその長軸が形成されている永久磁石膜３２には、その長軸と４５°の角度をなす方向の磁界が印加されることとなる。

【００７９】

この場合、フリー層Ｆの端部は、この永久磁石膜３２の着磁と同じ向きで初期化されることになる。一般にフリー層Ｆでは、初期化の向きは形状異方性によりその長手方向に揃ったものとなるために、全体としては、ＧＭＲ素子の長手方向、すなわち石英基板２の一辺に沿った方向に初期化されることとなる。

このようにして、磁気抵抗効果素子３１のフリー層Ｆの初期化及び永久磁石膜３２が着磁された磁気センサを作製することができる。

本実施形態では、フリー層Ｆの端部でのロスがある分、第２の実施形態の磁気センサより感度が劣るが、第１の実施形態と同様、磁界の向きが同じなので、強磁界におけるオフセット変動が小さい。

【００８０】

「第４の実施形態」

図２３は本発明の第４の実施形態の磁気センサを示す平面図であり、本実施形態の磁気センサ８１が第２の実施形態の磁気センサ５０と異なる点は、第２の実施形態の磁気センサ５０では、Ｘ軸ＧＭＲ素子５１、５２を石英基板２上のＸ軸負方向の一辺の中央部近傍に互いに平行になるように配置し、Ｙ軸ＧＭＲ素子６３、６４を石英基板２上のＹ軸負方向の一辺の中央部近傍に互いに平行になるように配置したのに対し、本実施形態の磁気センサ８１では、Ｘ軸ＧＭＲ素子５１、５２及びＹ軸ＧＭＲ素子６３、６４に感度を持たせないために、これらＸ軸ＧＭＲ素子５１、５２及びＹ軸ＧＭＲ素子６３、６４を石英基板２上の中央部に、この石英基板２の一辺に対して４５°傾斜して配置した点である。

【００８１】

この磁気センサ８１を作製する場合、磁気抵抗効果素子３１のピニング層の規則化熱処理を行う際に、石英ガラス４１を真空中にて、２５０℃～２８０℃で４時間熱処理するとともに、Ｘ軸ＧＭＲ素子５１、５２及びＹ軸ＧＭＲ素子６３、

６４に平行に磁界を印加すればよい。すなわち、図２４に示すように、Ｘ軸ＧＭＲ素子５１、５２及びＹ軸ＧＭＲ素子６３、６４に沿いかつ図中左下から右上へ向かう方向の強度が一様な磁界を印加するのが望ましい。

そして、着磁の際には、上述の実施形態と同様に石英ガラスとプレートを固定してから行う。

【００８２】

この様にして、Ｘ軸ＧＭＲ素子５１～５４及びＹ軸ＧＭＲ素子６１～６４各々の磁気抵抗効果素子３１のフリー層Ｆの初期化及び永久磁石膜３２の着磁を行うことができ、磁気抵抗効果素子３１のピンド層ＰＤ及び永久磁石膜３２が着磁された磁気センサ７１を作製することができる。

【００８３】

この磁気センサ８１では、中央部に配置されたものを除く磁気抵抗効果素子３１のピンド層ＰのＸ軸感度方向Ｆ１及びＹ軸感度方向Ｆ２は、図２５の様になる。

この磁気センサ８１のブリッジ接続については、第１の実施形態と全く同様である。

本実施形態においても、第１の実施形態と全く同様の効果を奏することができる。

【００８４】

「第５の実施形態」

本実施形態では、永久磁石膜３２の着磁を行う際に、マグネットアレイを用いず、規則化熱処理の工程と全く同様に、一様な磁界を印加する点を除き、上記の第４の実施形態と全く同様である。

ここで、永久磁石膜３２の着磁について説明する。

規則化熱処理の工程と全く同様に、図２４に示すように、左下から右上へ向かいかつ強度が一様な磁界を印加する。

【００８５】

石英ガラス４１の辺に沿うＸ軸ＧＭＲ素子５１、５２とＹ軸ＧＭＲ素子６３、６４についてみると、後の切断工程により分割される石英基板２の対角線から、

その一辺に対して４５°の角度で向かう磁界が形成されるので、石英基板２の各辺と平行にその長軸が形成されている永久磁石膜３２には、その長軸と４５°の角度をなす方向の磁界が印加されることになる。

【００８６】

一方、フリー層Ｆの端部は、この永久磁石膜３２の着磁の向きと同じ向きで初期化されるが、フリー層Ｆは形状異方性によりその長手方向に揃い、全体としてはＧＭＲ素子の長手方向、すなわち石英ガラス４１の辺に沿う方向に初期化される。

本実施形態では、フリー層Ｆの端部でのロスがある分、第２の実施形態の磁気センサより感度が劣るが、第１の実施形態と同様、磁界の向きが同じなので、強磁界におけるオフセット変動が小さい。

【００８７】

表１は、本発明の磁気センサ（実施例１～５）と、従来の磁気センサ（従来例）の特性を比較したものである。

ここでは、実施例１として第１の実施形態の磁気センサ１を、実施例２として第２の実施形態の磁気センサ５０を、実施例３として第３の実施形態の磁気センサを、実施例４として第４の実施形態の磁気センサ７１を、実施例５として第５の実施形態の磁気センサを、それぞれ用いた。

【００８８】

【表１】

	従来例		実施例１	実施例２	実施例３	実施例４	実施例５
工程	直後	最終	最終	最終	最終	最終	最終
感度（mV／Oe）	4.1	3.6	1.8	2.0	1.8	0.95	0.90
100 Oe 浴びた後のオフセット変動（mV）	0.082	0.288	0.036	0.059	0.072	0.028	0.036
感度に対する変動比率（%）	2	8	2	3	4	3	4
オフセット温度変化（mV／℃）	—	0.018	0.009	0.0044	0.0036	0.0018	0.0015
温度変化の感度に対する比率（%）	—	0.5	0.5	0.22	0.2	0.19	0.17

【００８９】

表１によれば、実施例１～５の磁気センサは、従来例と比較して耐強磁界特性に優れていることが分かった。

実施例１～５においては、従来例と比較して１０００ｅ浴びた後のオフセット変動が小さい。これが「耐強磁界特性」を示す。

実施例１～５の方が、ＧＭＲ素子の長手方向と規則化熱処理での磁化の向きが直交している従来例と比べて感度が劣るものの、耐強磁界特性は良好である。

【００９０】

また、実施例１～５を比較すると、永久磁石膜の着磁の向きとＧＭＲ素子の規則化熱処理の磁化の向きが同じである実施例１、３、５は、これらの向きが同じではない実施例２、４と比べて耐強磁界特性は良好である。

一方、永久磁石膜の着磁の向きとＧＭＲ素子の長手方向（フリー層の長手方向）とが一致していない実施例１、３、５については、フリー層の端部では永久磁石膜の着磁の向きに揃うので、ロスが生じ、感度が若干低下しているが、永久磁石膜の着磁の向きとＧＭＲ素子の規則化熱処理の磁化の向きが同じであることによる「耐強磁界特性」が良好であるため、感度に対する変動比率が小さい。

【００９１】

【発明の効果】

以上説明した様に、本発明の磁気センサによれば、磁気抵抗効果素子のピンド層のピン止めされた磁化の向きと、該磁気抵抗効果素子の長手方向とは、４５°の角度をなすので、強い磁界が加わった場合においても、ブリッジのオフセットの動きを抑制することができ、耐強磁界特性を向上させることができる。

【００９２】

本発明の他の磁気センサによれば、磁気抵抗効果素子のピンド層のピン止めされた磁化の向きと、前記永久磁石膜の磁化の向きとは、４５°の角度をなすので、強い磁界が加わった場合においても、ブリッジのオフセットの動きを抑制することができ、耐強磁界特性を向上させることができる。

【００９３】

本発明の磁気センサの製造方法によれば、規則化熱処理は、隣接する永久磁石片同士の極性が異なる様に複数の永久磁石片が配置されたマグネットアレイを用

い、前記基板内のセルの四隅それぞれに前記永久磁石片が対応するように、前記マグネットアレイ上に前記基板を配置し、該基板を加熱することにより行い、前記永久磁石膜の着磁は、前記マグネットアレイ上に前記基板を、その相対位置を変えることなく配置し、着磁を行うので、前記磁気抵抗効果素子のフリー層の初期化及び前記永久磁石膜の着磁を容易に行うことができる。したがって、前記磁気抵抗効果素子の磁化の向きと前記永久磁石膜の磁化の向きとの角度が４５°とされた本発明の磁気センサを、簡単な工程で、しかも容易に作製することができる。

【００９４】

本発明の他の磁気センサの製造方法によれば、前記規則化熱処理は、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、該基板を加熱することにより行い、前記永久磁石膜の着磁は、隣接する永久磁石片同士の極性が異なる様に複数の永久磁石片が配置されたマグネットアレイ上に前記基板を配置し、着磁を行うので、前記磁気抵抗効果素子のフリー層の初期化及び前記永久磁石膜の着磁を容易に行うことができる。したがって、前記磁気抵抗効果素子の磁化の向きと前記永久磁石膜の磁化の向きとの角度が４５°とされた本発明の磁気センサを、簡単な工程で、しかも容易に作製することができる。

【００９５】

本発明のさらに他の磁気センサの製造方法によれば、前記規則化熱処理は、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、該基板を加熱することにより行い、前記永久磁石膜の着磁は、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、着磁を行うので、前記磁気抵抗効果素子のフリー層の初期化及び前記永久磁石膜の着磁を容易に行うことができる。したがって、前記磁気抵抗効果素子の磁化の向きと前記永久磁石膜の磁化の向きとの角度が４５°とされた本発明の磁気センサを、簡単な工程で、しかも容易に作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　本発明の第１の実施形態の磁気センサを示す平面図である。

【図２】　本発明の第１の実施形態の磁気センサの製造方法を示す過程図で

ある。

【図３】　本発明の第１の実施形態の磁気センサの製造方法にて用いられる金属プレートを示す部分平面図である。

【図４】　従来の磁気センサの製造方法にて用いられる金属プレートを示す部分平面図である。

【図５】　本発明の第１の実施形態の磁気センサの感度方向を示す平面図である。

【図６】　本発明の第１の実施形態の磁気センサの製造方法を示す過程図である。

【図７】　本発明の第１の実施形態の磁気センサのブリッジ接続を示すブロック図である。

【図８】　本発明の第１の実施形態の磁気センサのブリッジ接続を示すブロック図である。

【図９】　本発明の第１の実施形態の磁気センサのＧＭＲ素子の磁気特性を示す図である。

【図１０】　従来の磁気センサのＧＭＲ素子の磁気特性を示す図である。

【図１１】　本発明の第１の実施形態の磁気センサの製造方法にて用いられるマグネットアレイの製造方法を示す過程図である。

【図１２】　本発明の第２の実施形態の磁気センサを示す平面図である。

【図１３】　本発明の第２の実施形態の磁気センサの製造方法にて用いられるマグネットアレイを示す平面図である。

【図１４】　本発明の第２の実施形態の磁気センサの製造方法にて用いられる変形例のマグネットアレイの製造方法を示す過程図である。

【図１５】　本発明の第２の実施形態の磁気センサの製造方法にて用いられる変形例のマグネットアレイの磁界の様を示す部分斜視図である。

【図１６】　本発明の第２の実施形態の磁気センサの製造方法にて用いられる変形例のマグネットアレイと石英基板との位置関係を示す平面図である。

【図１７】　本発明の第２の実施形態の磁気センサの製造方法にて用いられる他の変形例のマグネットアレイの製造方法を示す過程図である。

【図１８】　本発明の第２の実施形態の磁気センサの製造方法にて用いられる他の変形例のマグネットアレイの磁界の様を示す部分斜視図である。

【図１９】　本発明の第２の実施形態の磁気センサの製造方法にて用いられる他の変形例のマグネットアレイと石英基板との位置関係を示す平面図である。

【図２０】　本発明の第２の実施形態の磁気センサの製造方法を示す平面図である。

【図２１】　本発明の第２の実施形態の磁気センサの感度方向を示す平面図である。

【図２２】　本発明の第２の実施形態の磁気センサの製造方法を示す過程図である。

【図２３】　本発明の第４の実施形態の磁気センサを示す平面図である。

【図２４】　本発明の第４の実施形態の磁気センサの製造方法を示す過程図である。

【図２５】　本発明の第４の実施形態の磁気センサの感度方向を示す平面図である。

【図２６】　本発明者等が既に提案したＧＭＲ素子を用いた二軸の磁気センサを示す平面図である。

【図２７】　二軸の磁気センサのＧＭＲ素子を示す平面図である。

【図２８】　図２７のＡ－Ａ線に沿う断面図である。

【図２９】　ＧＭＲ素子のスピンバルブ膜の構造を示す断面図である。

【図３０】　ＧＭＲ素子の磁気特性を示す図である。

【図３１】　Ｘ軸磁気センサのブリッヂ接続を示すブロック図である。

【図３２】　Ｘ軸磁気センサの磁気特性を示す図である。

【図３３】　Ｙ軸磁気センサのブリッヂ接続を示すブロック図である。

【図３４】　Ｙ軸磁気センサの磁気特性を示す図である。

【図３５】　二軸の磁気センサの製造方法に用いられる石英ガラス上にＧＭＲ素子膜を成膜した状態を示す平面図である。

【図３６】　二軸の磁気センサの製造方法に用いられるマグネットアレイの作製過程を示す平面図である。

【図３７】　図３６のＢ－Ｂ線に沿う断面図である。

【図３８】　二軸の磁気センサの製造方法において用いられる透明石英ガラスプレートを示す平面図である。

【図３９】　石英ガラスにマグネットアレイの永久磁石を接着した状態を示す断面図である。

【図４０】　石英ガラスとプレートを固定具で固定した状態を示す断面図である。

【図４１】　マグネットアレイの永久磁石の磁界の向きを示す模式図である。

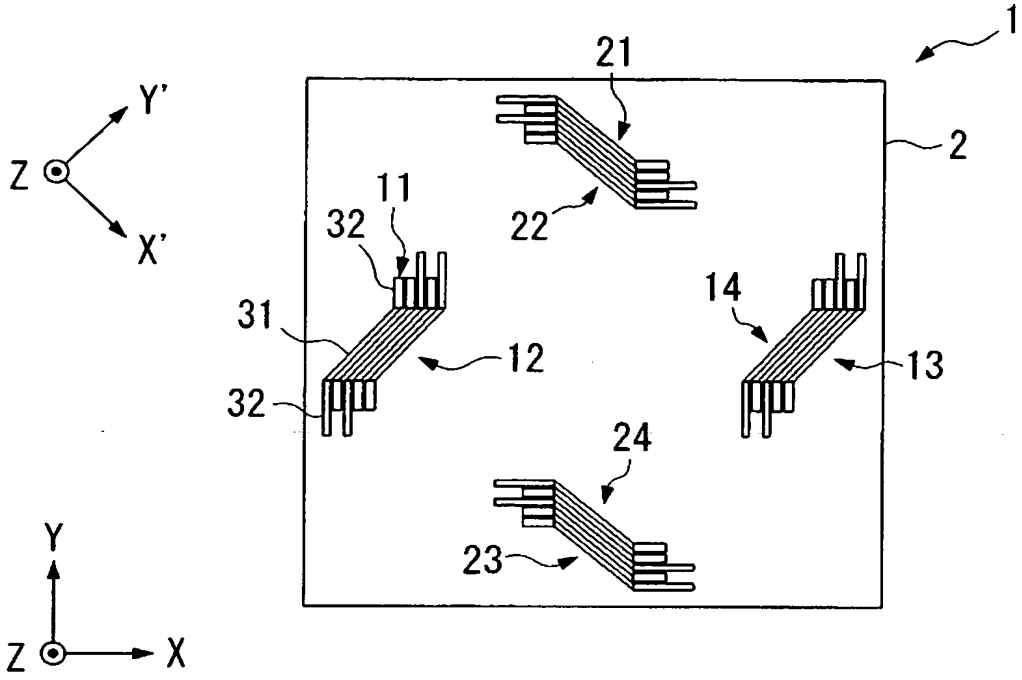
【図４２】　二軸の磁気センサの製造方法の一工程の磁性薄膜を磁化する方法を示す平面図である。

【符号の説明】

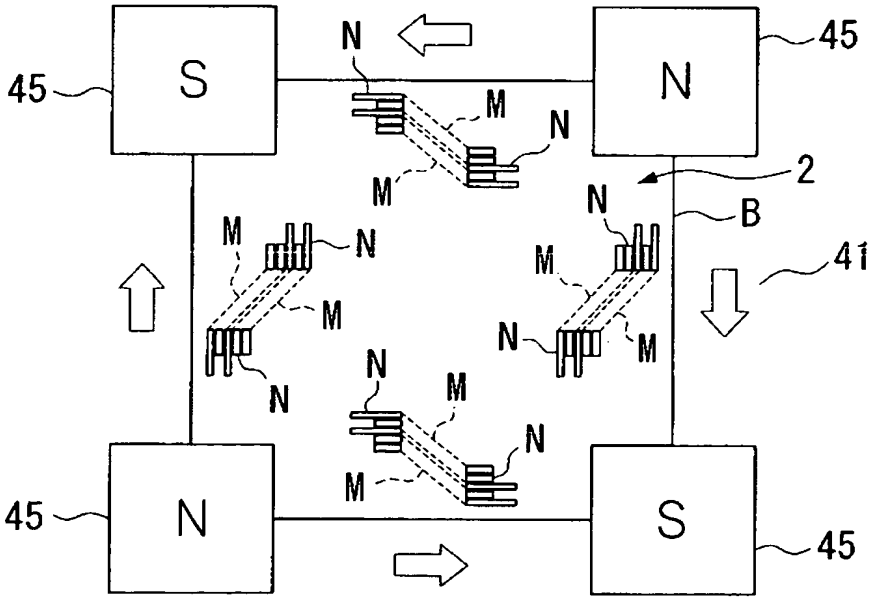
１…磁気センサ、２…石英基板、１１～１４…Ｘ軸ＧＭＲ素子、２１～２４…Ｙ軸ＧＭＲ素子、３１…磁気抵抗効果素子、３２…永久磁石膜、４１…石英ガラス、４３…貫通孔、４４…金属プレート、４５…永久磁石片、５０…磁気センサ、５１～５４…Ｘ軸ＧＭＲ素子、６１～６４…Ｙ軸ＧＭＲ素子、６７…金属プレート、６８…棒磁石、７１…Ｓｉ基板、７３…溝、７５…セル、７７…４２アロイ基板、８１…磁気センサ。

【書類名】　図面

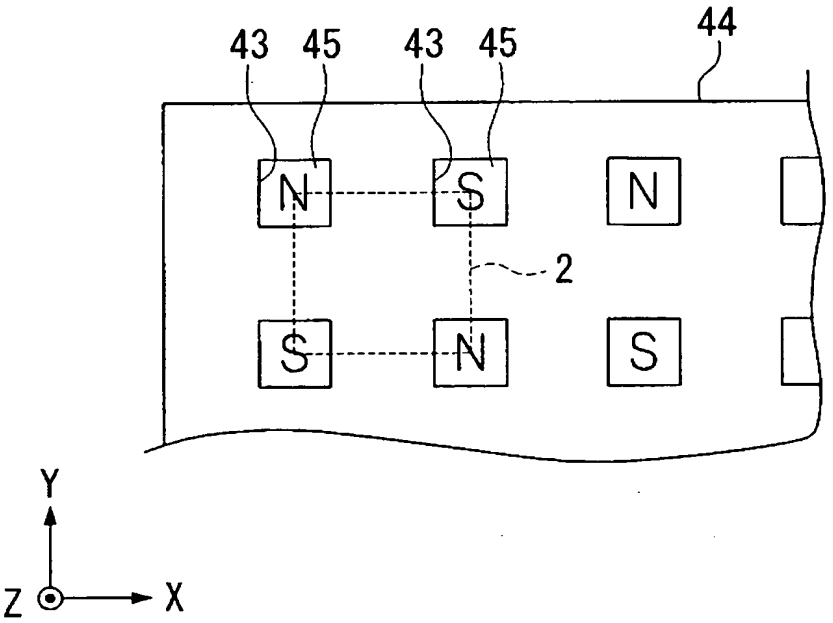
【図１】


1
21
2
Y'
Z
X'
11
32
22
14
31
12
13
32
24
23
Y
Z
X

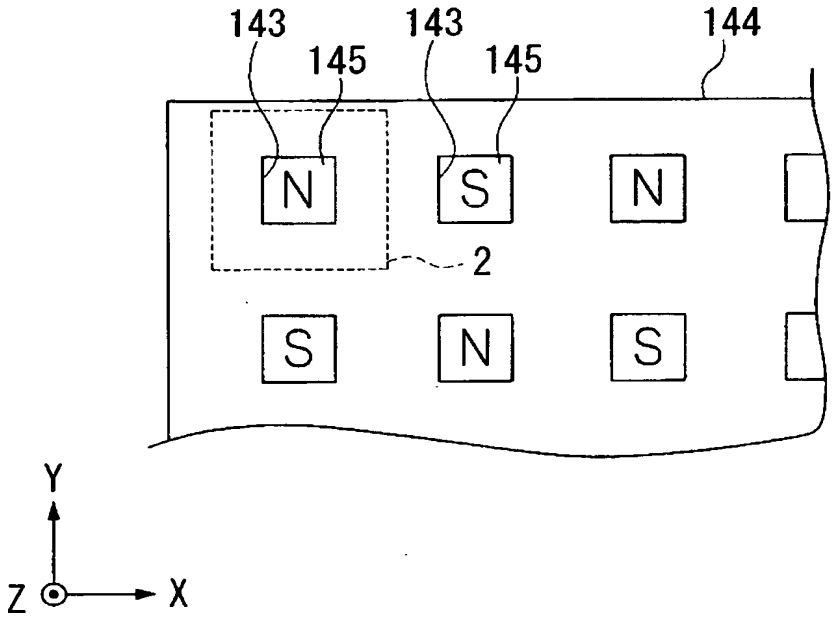
【図２】


45
S
N
45
N
M
N
M
2
N
B
M
N
41
M
M
N
N
M
N
N
M
M
N
45
N
S
45

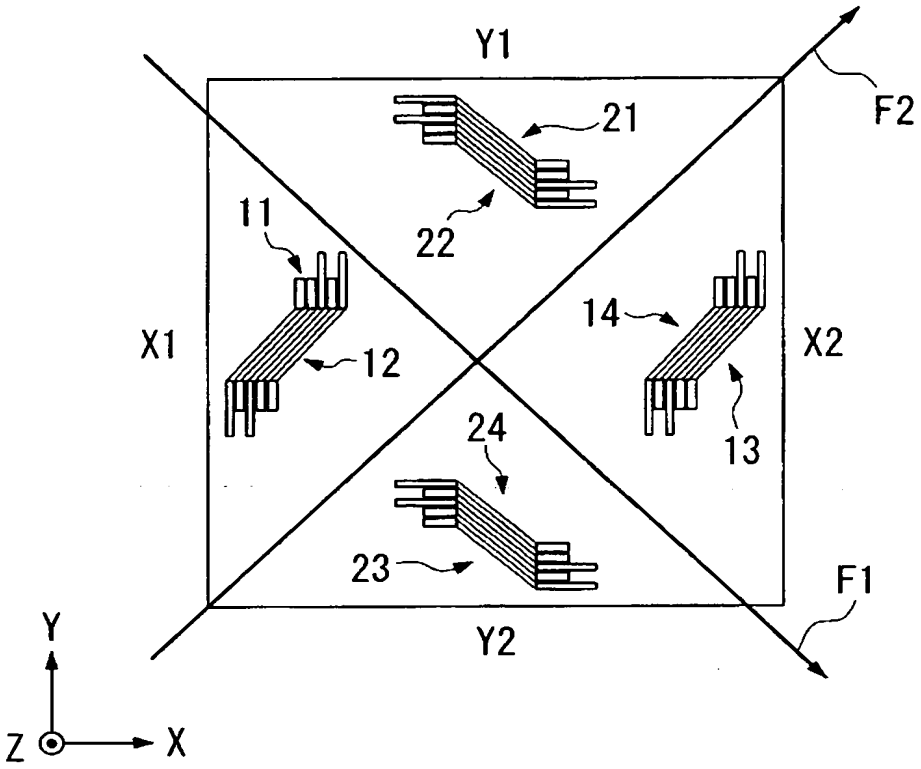
【図３】



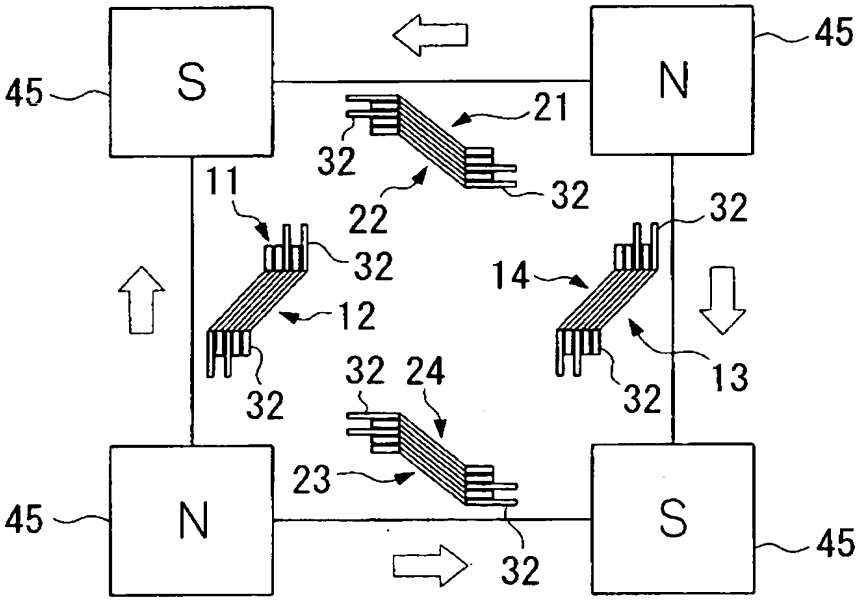
【図４】



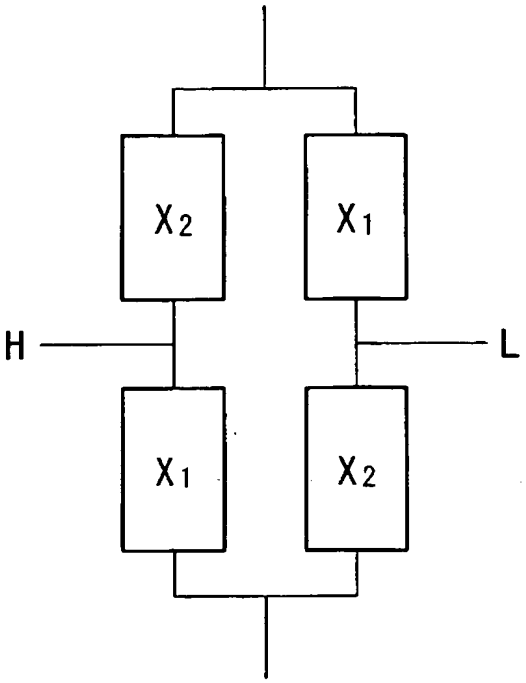
【図５】


Y1
21
F2
11
22
X1
14
X2
12
13
24
23
F1
Y2
Y
Z
X

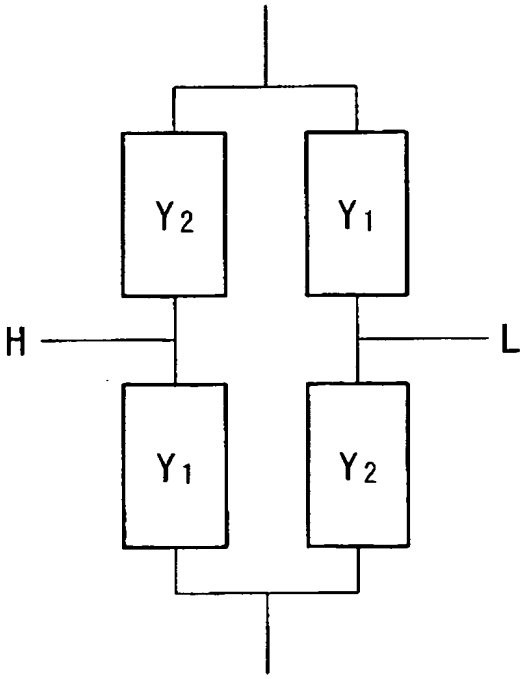
【図６】


45
S
N
45
21
32
32
11
22
32
32
14
12
13
32
32
32
24
23
45
N
S
45
32

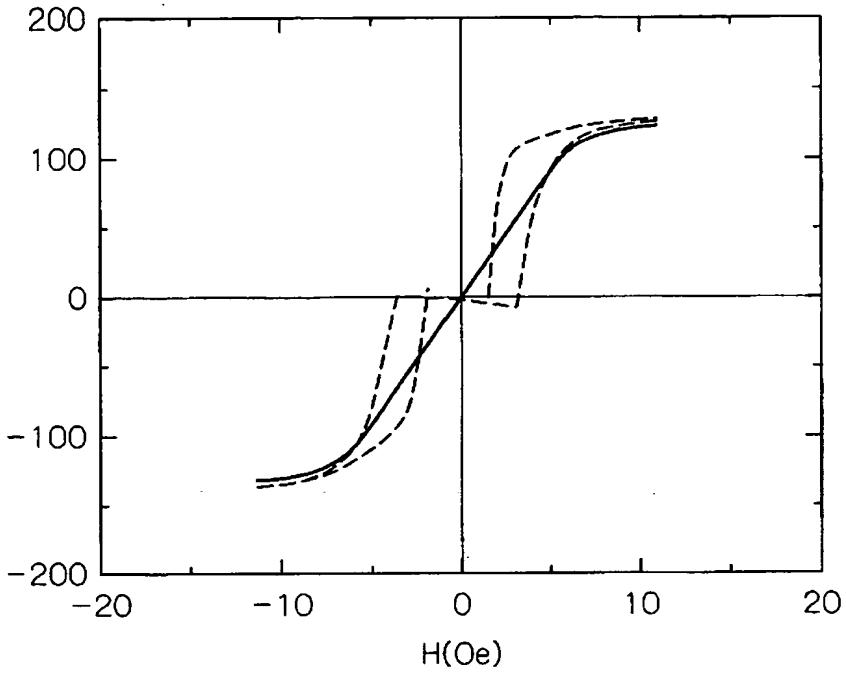
【図７】



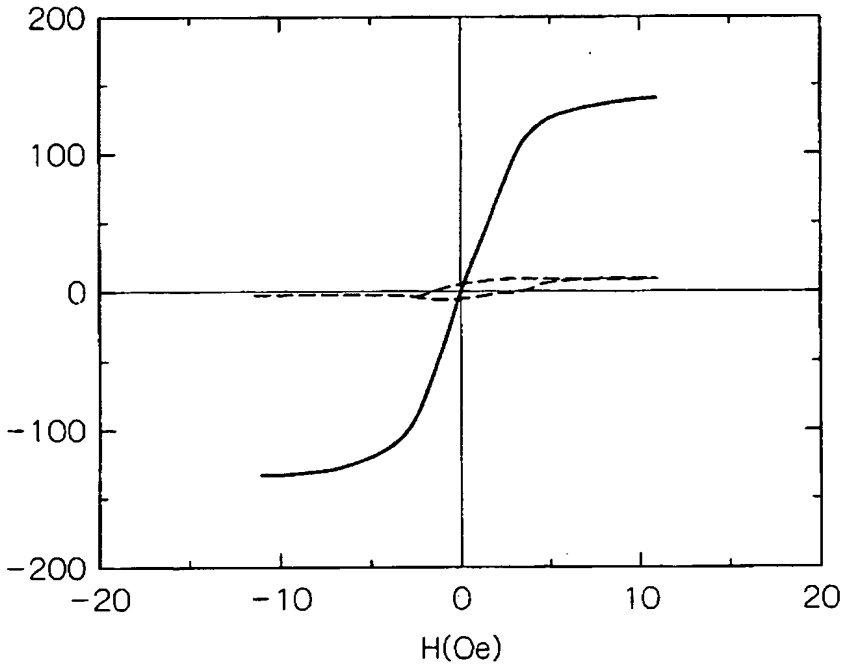
【図８】



【図９】

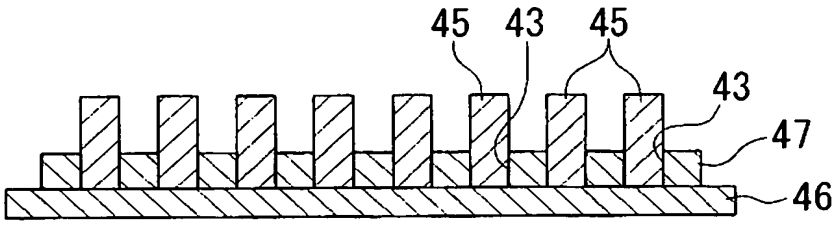

200
100
0
−100
−200
−20
−10
0
10
20
H(Oe)

【図１０】

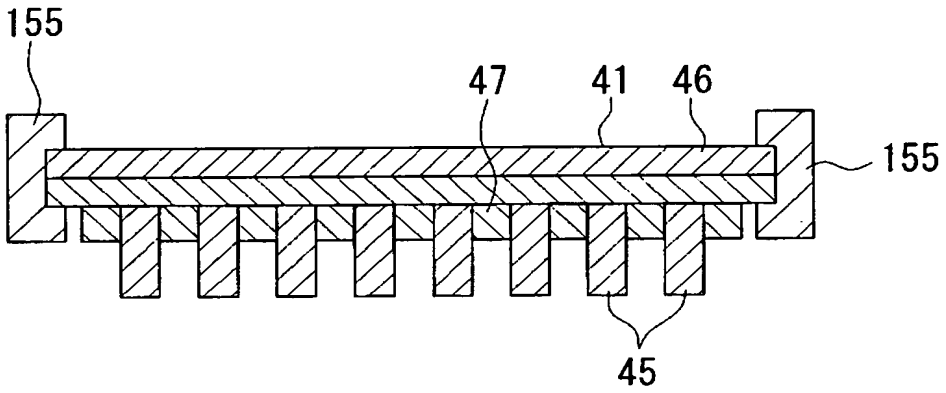

200
100
0
−100
−200
−20
−10
0
10
20
H(Oe)

【図１１】

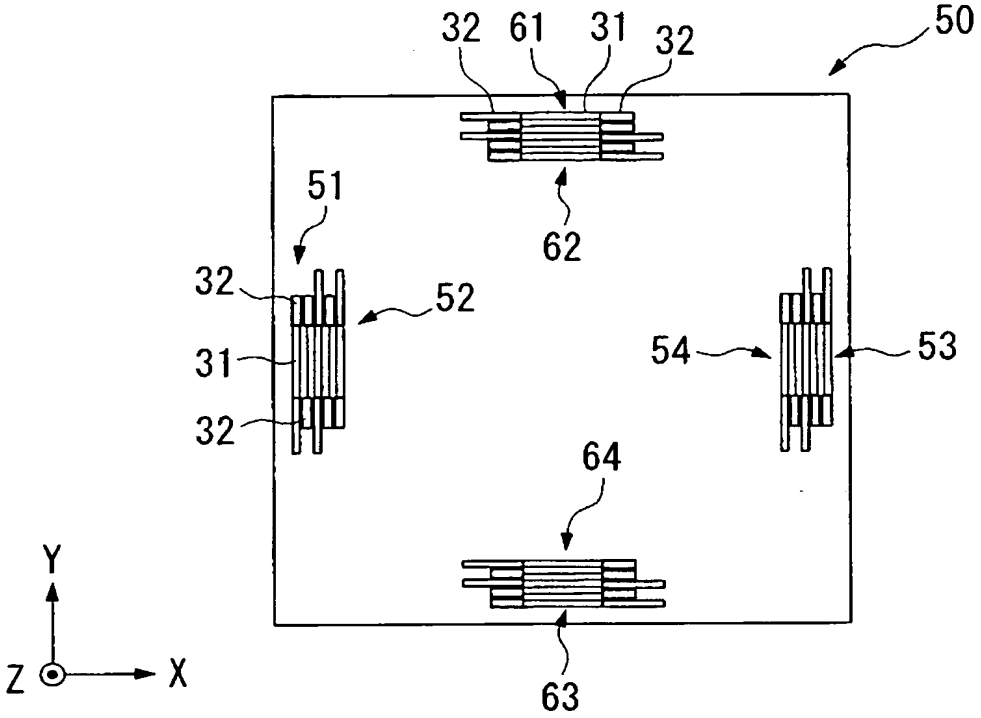
(a)



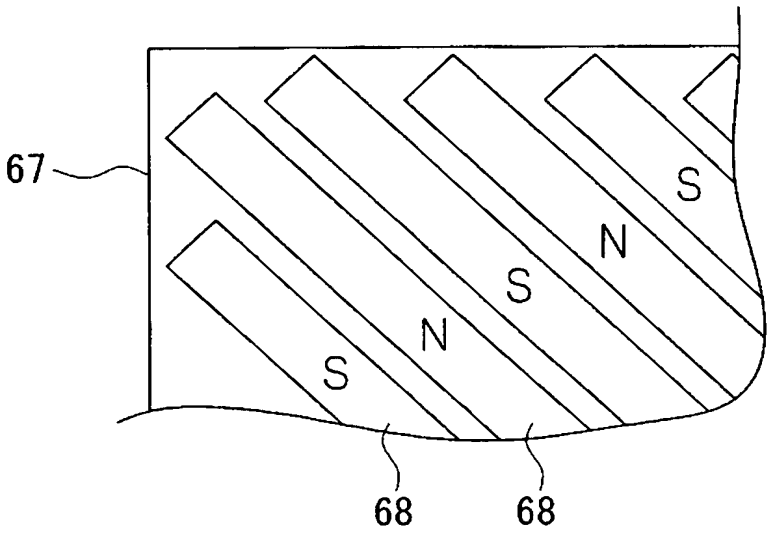
(b)



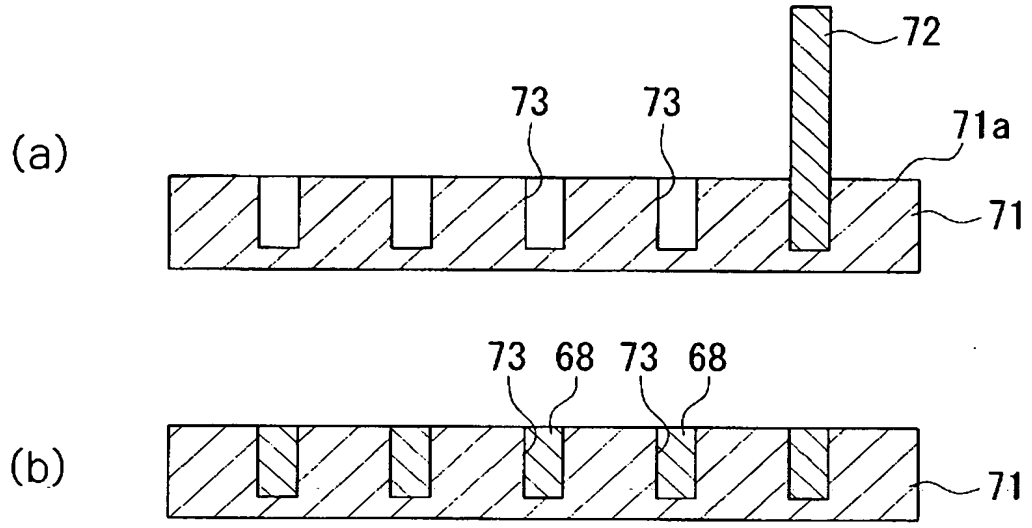
【図１２】



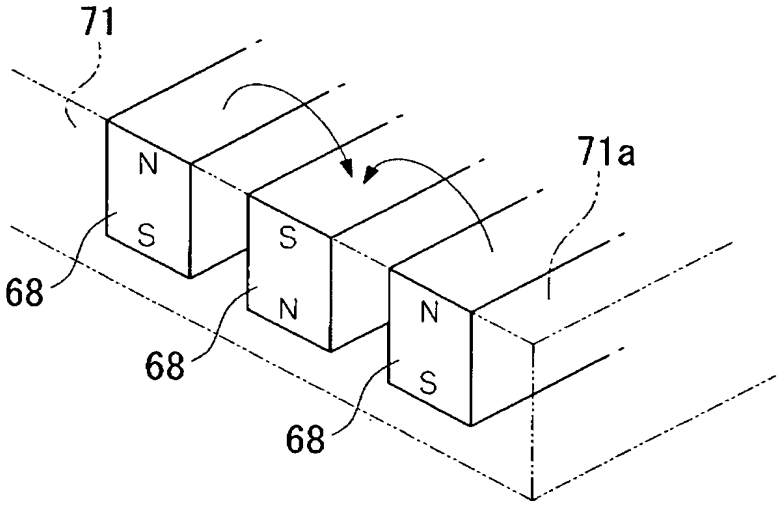
【図１３】



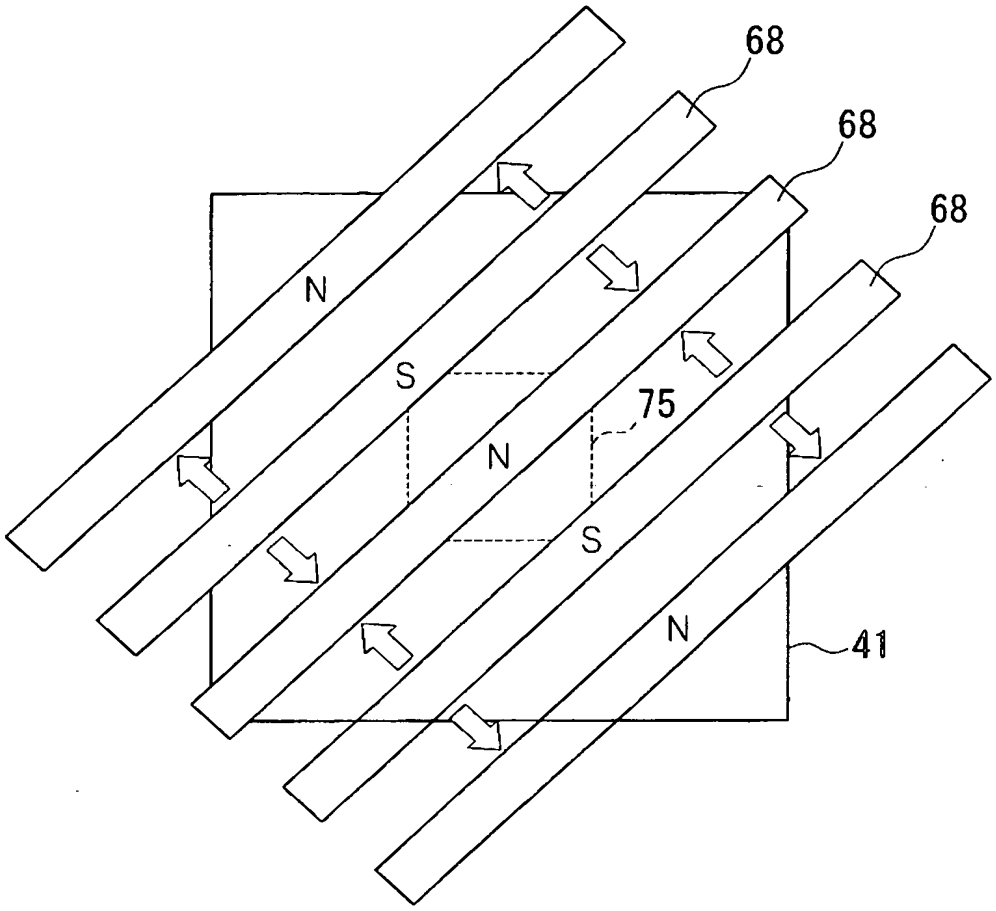
【図１４】



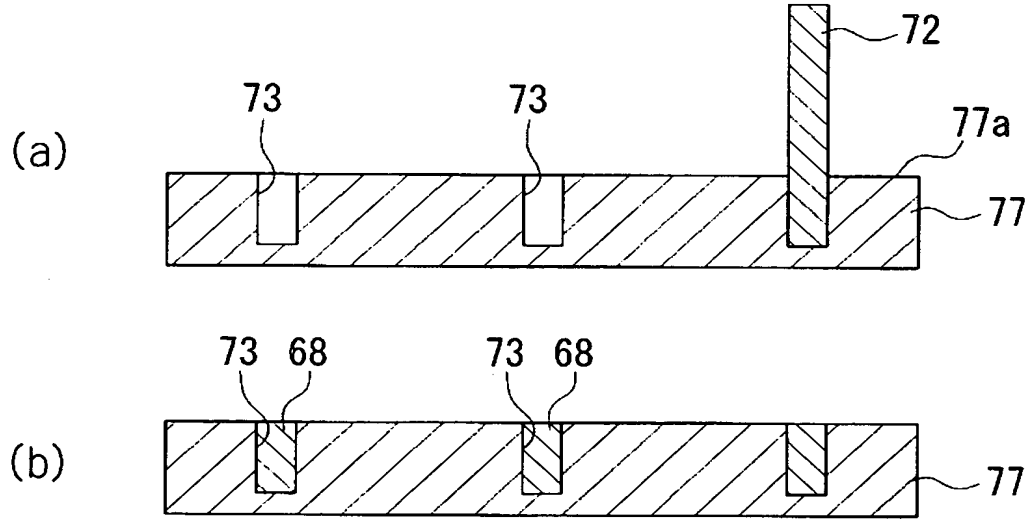
【図１５】



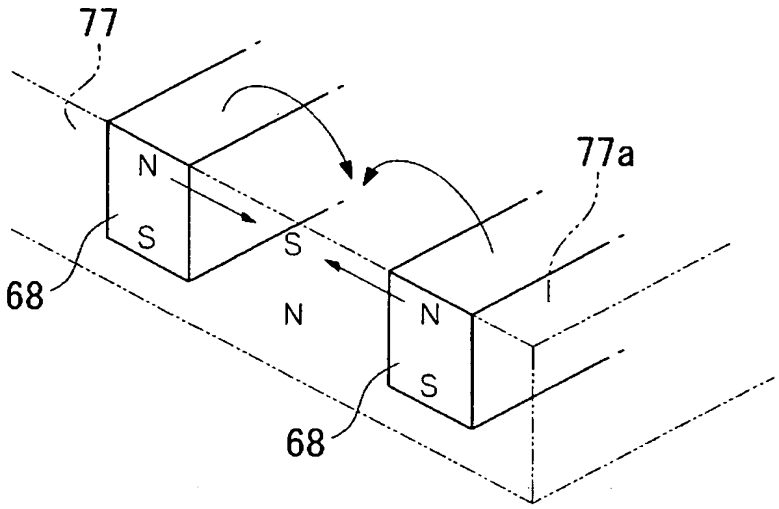
【図１６】



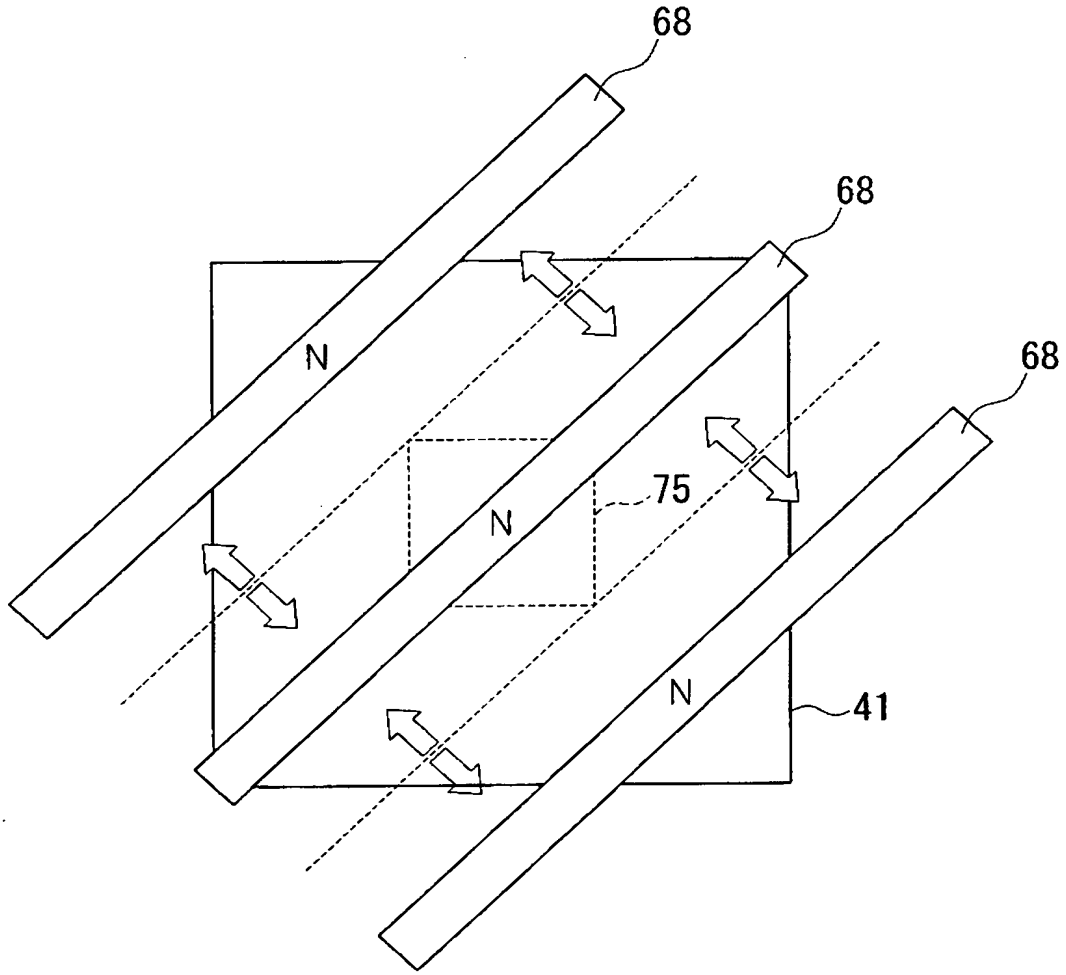
【図１７】



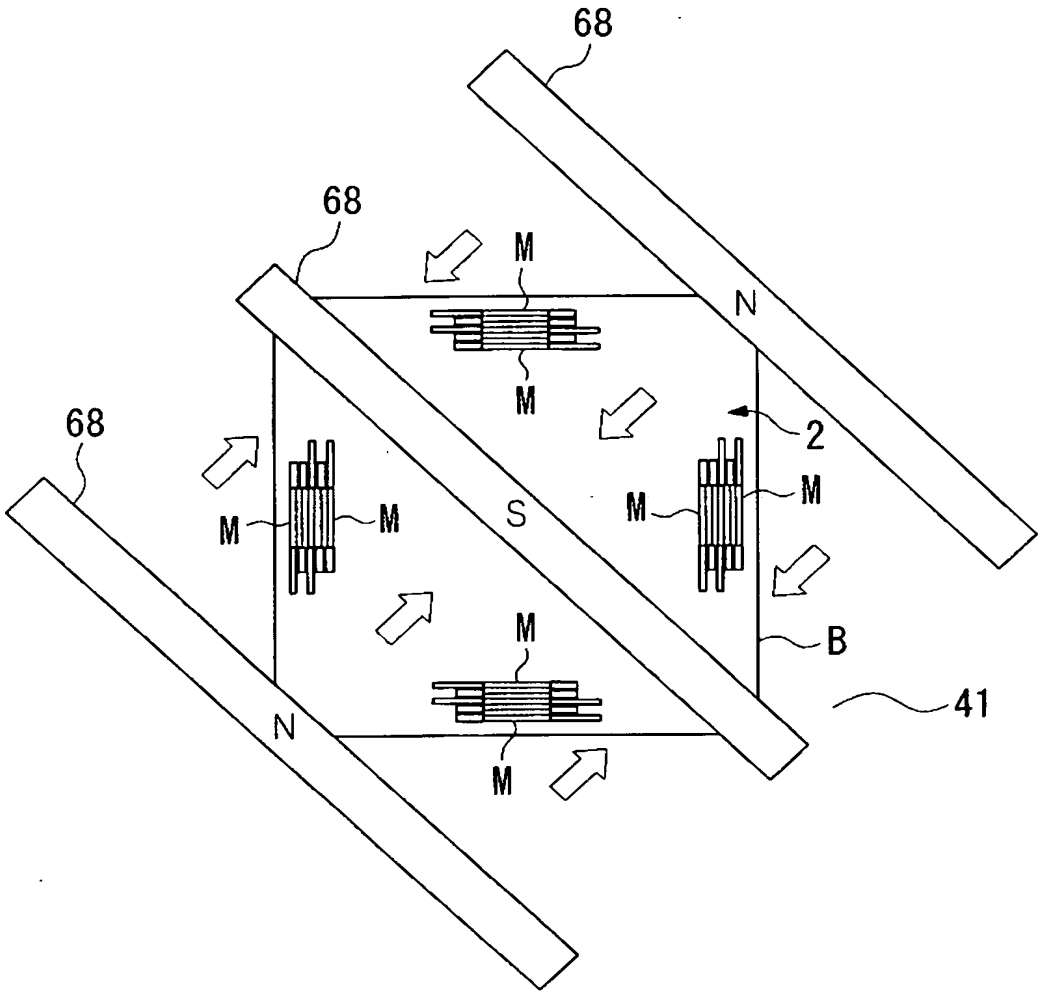
【図１８】



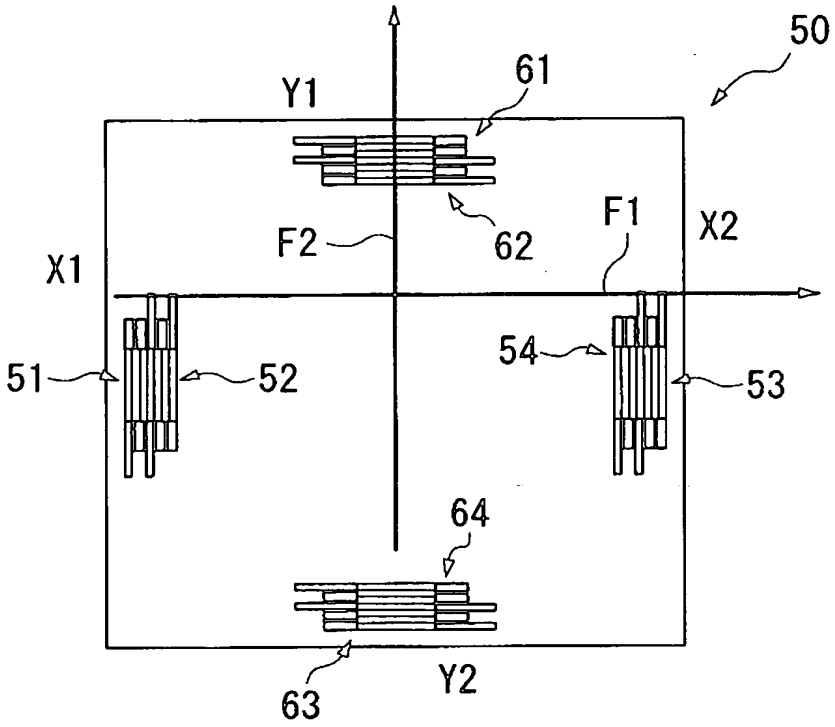
【図１９】



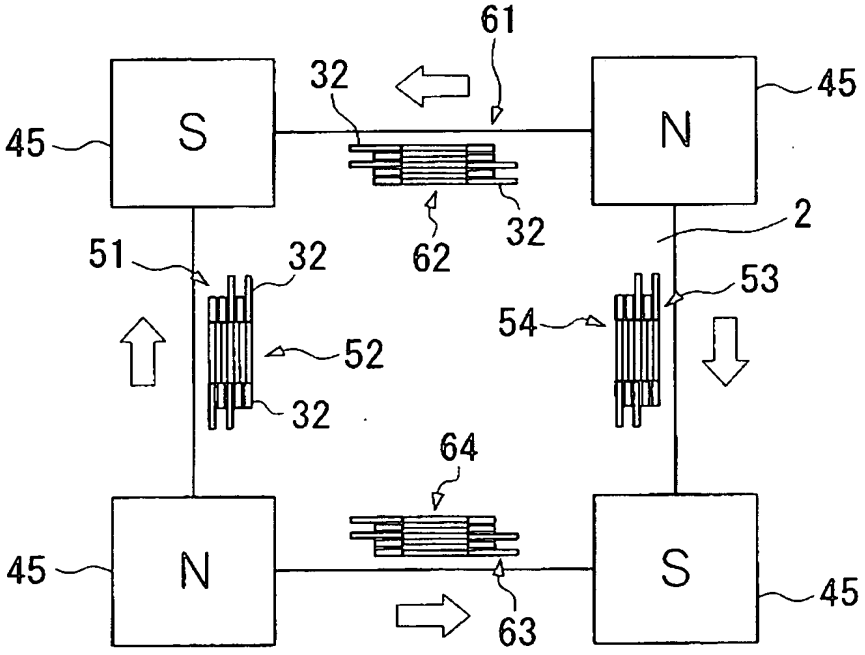
【図２０】



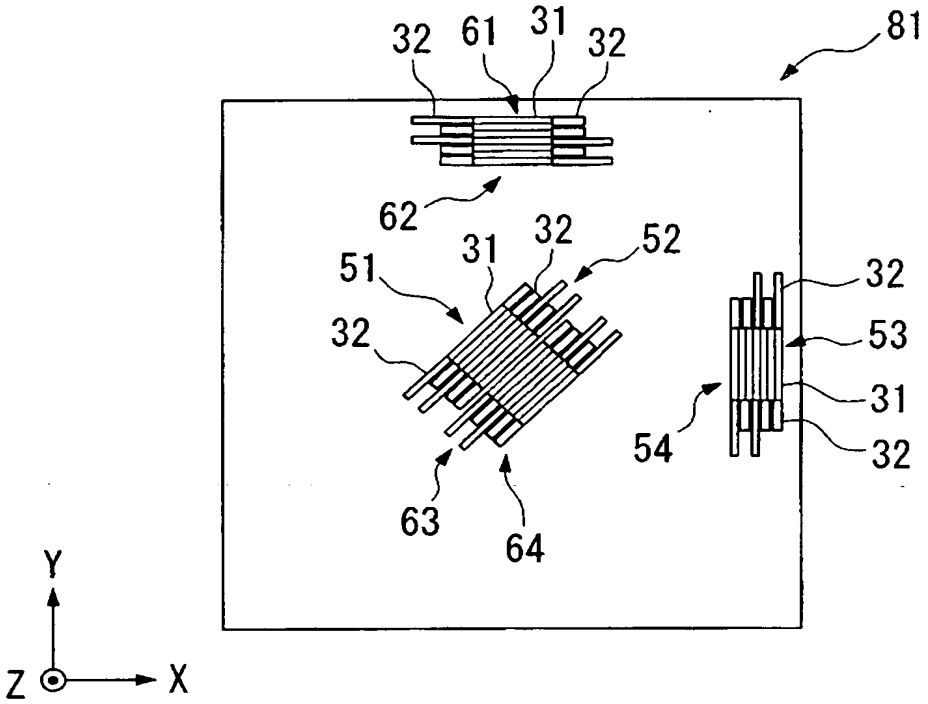
【図２１】


50
Y1
61
62
F2
F1
X2
X1
51
52
54
53
64
63
Y2

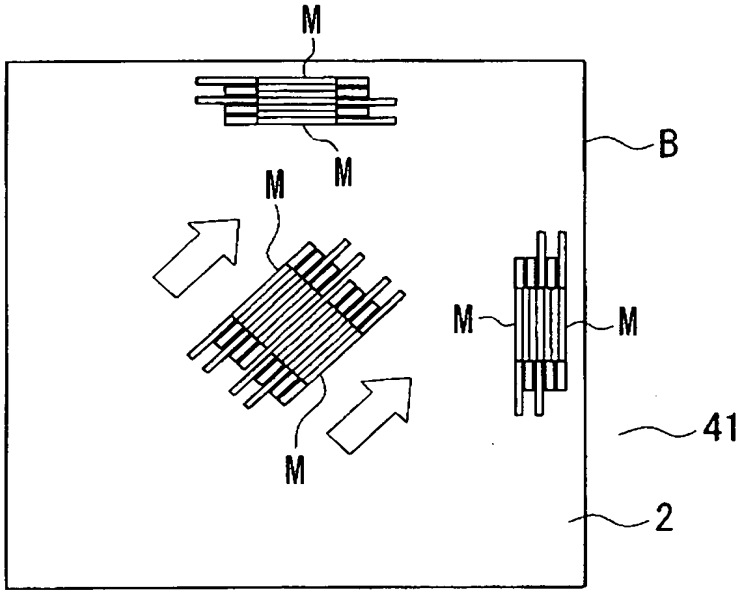
【図２２】


61
32
45
S
N
45
62
32
2
51
32
53
54
52
32
64
45
N
S
45
63

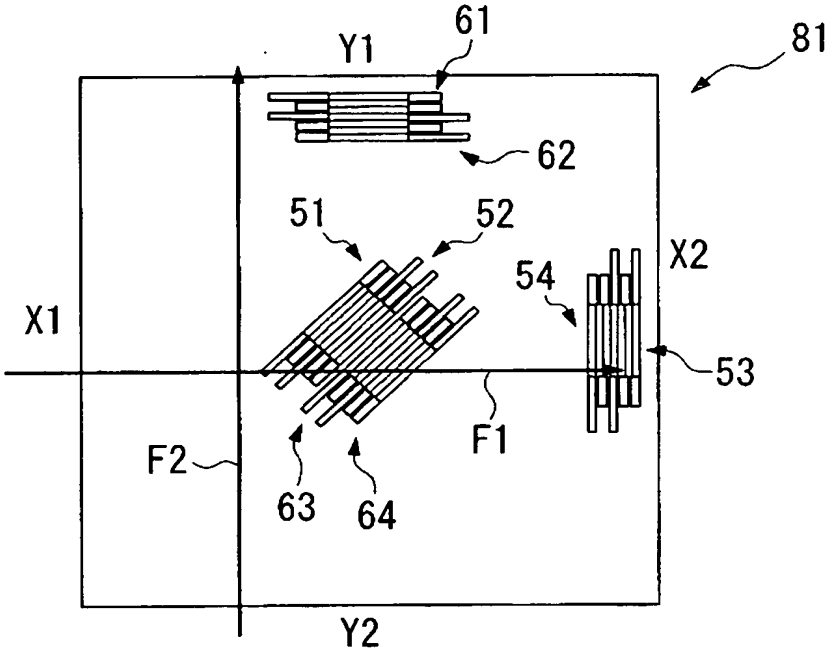
【図２３】


32
61
31
32
81
62
31
32
52
51
32
32
53
31
54
32
63
64
Y
Z
X

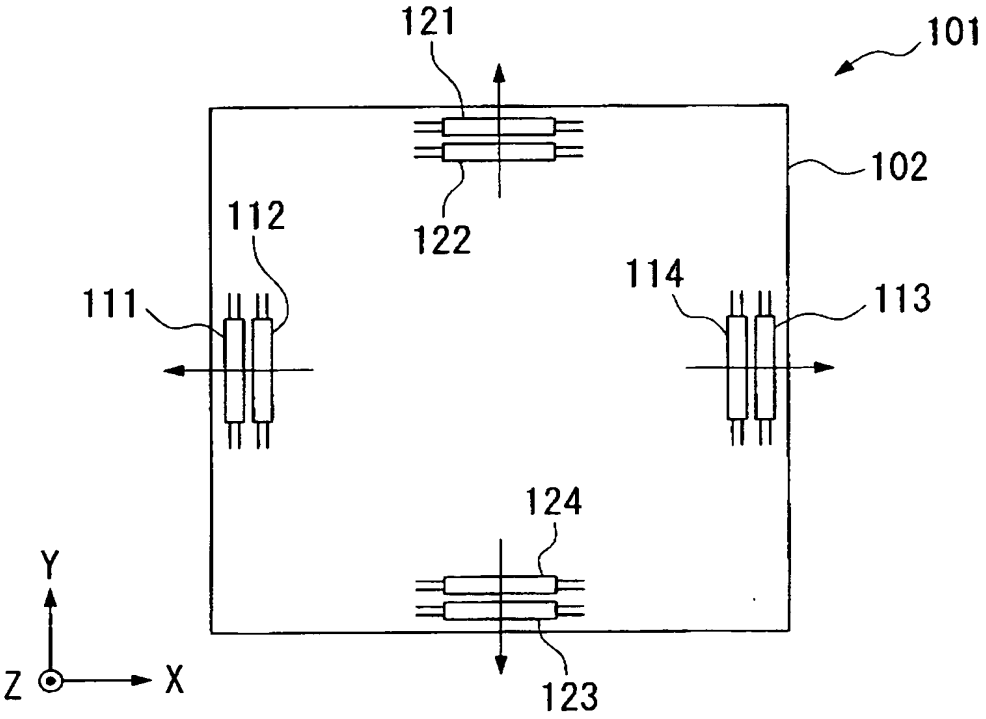
【図２４】


M
M
B
M
M
M
M
M
41
2

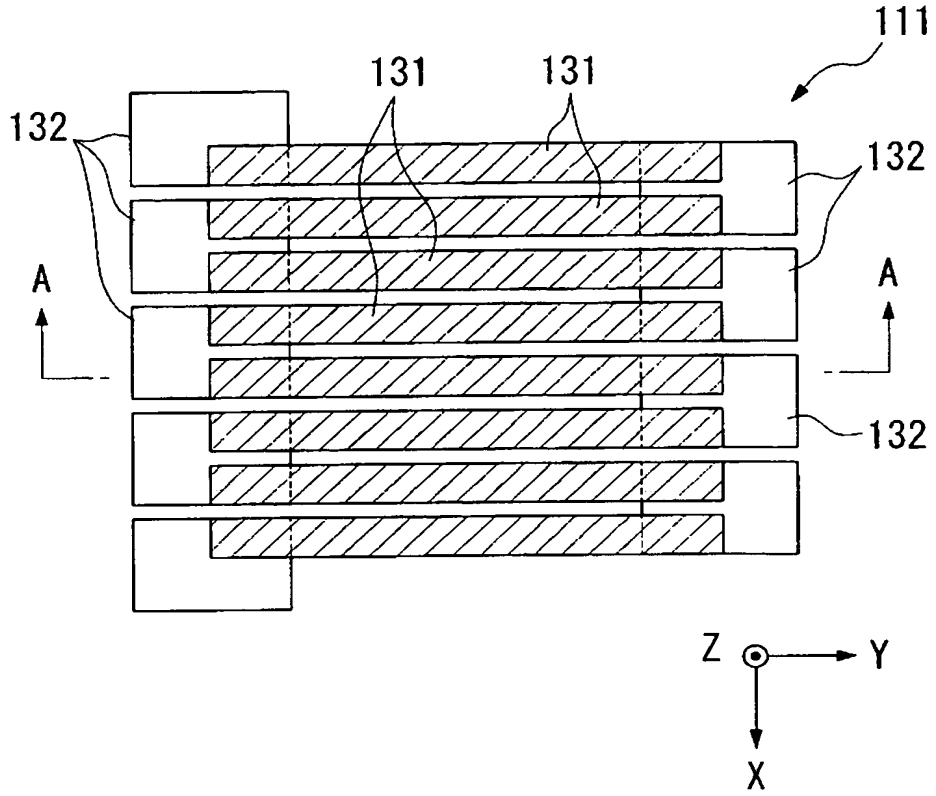
【図２５】


61
Y1
81
62
51
52
X2
54
X1
53
F1
F2
63
64
Y2

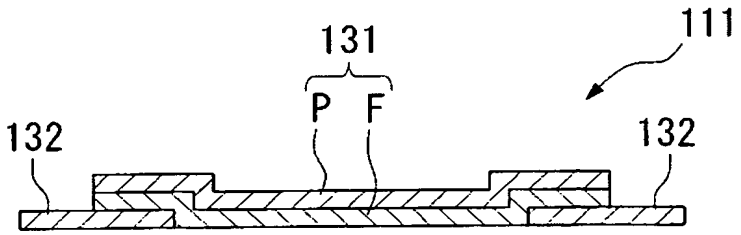
【図２６】


121
101
102
122
112
111
114
113
124
Y
Z
X
123

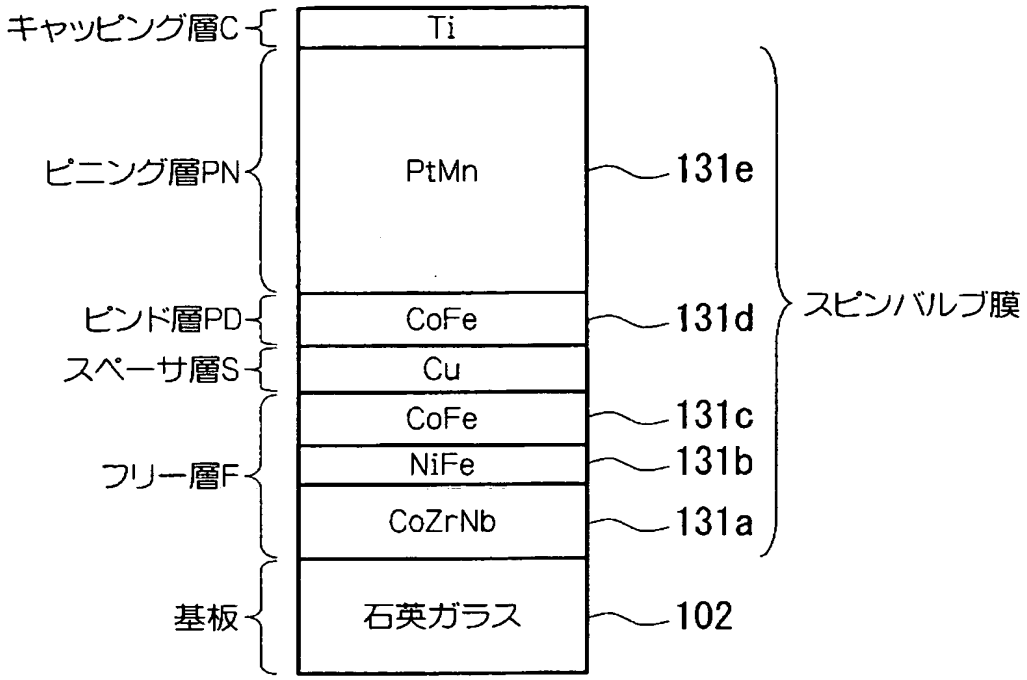
【図２７】



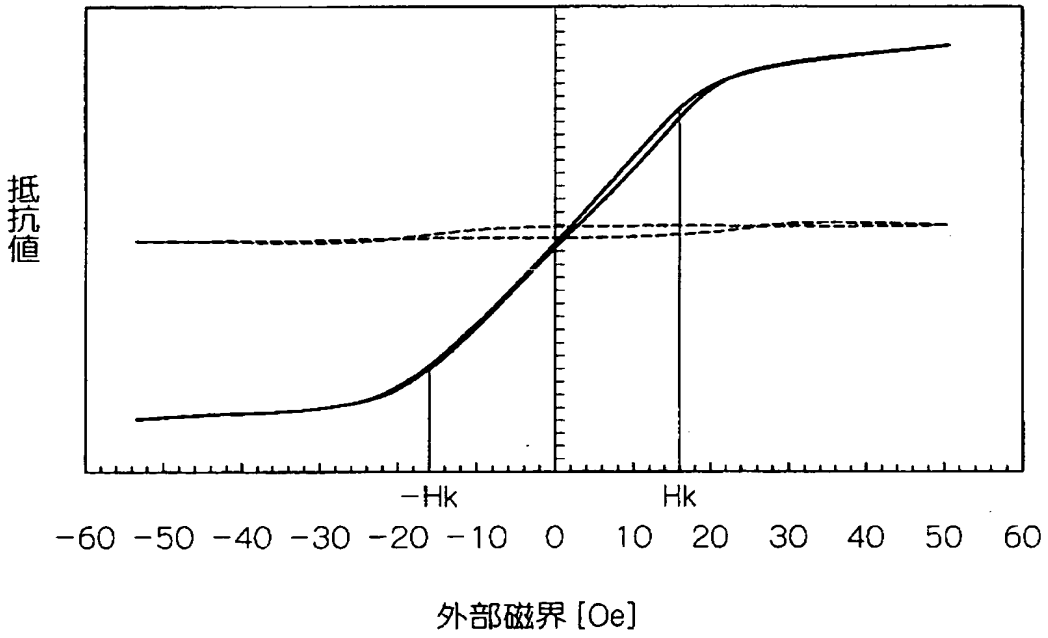
【図２８】



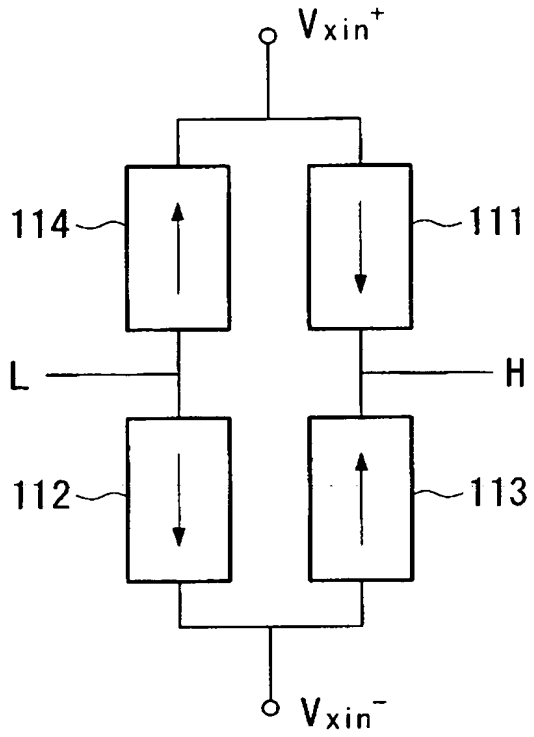
【図２９】


キャッピング層C
Ti
ピニング層PN
PtMn
131e
ピンド層PD
CoFe
131d
スピンバルブ膜
スペーサ層S
Cu
フリー層F
CoFe
131c
NiFe
131b
CoZrNb
131a
基板
石英ガラス
102

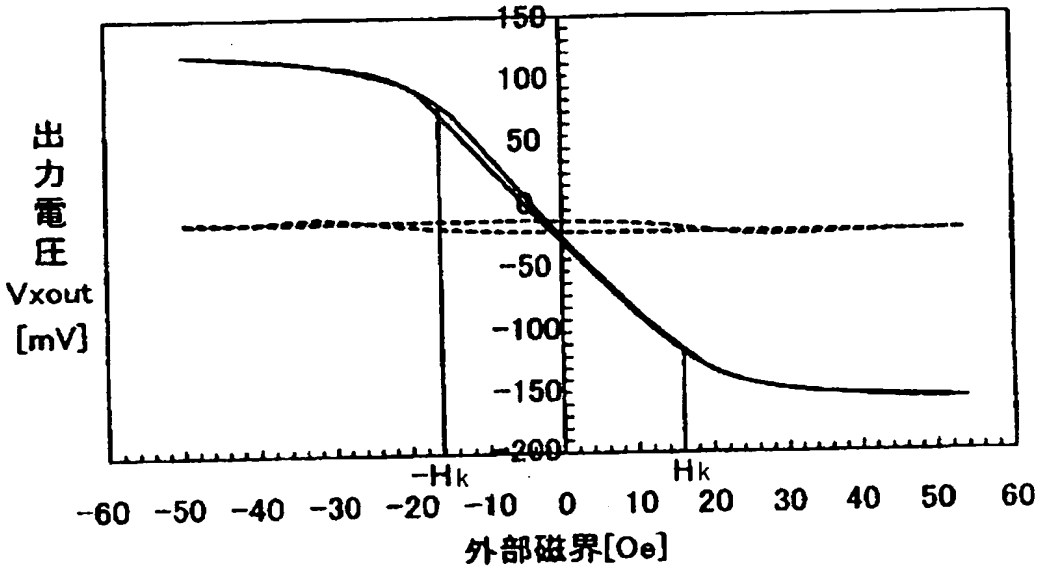
【図３０】


抵抗値
−Hk
Hk
−60 −50 −40 −30 −20 −10 0 10 20 30 40 50 60
外部磁界 [Oe]

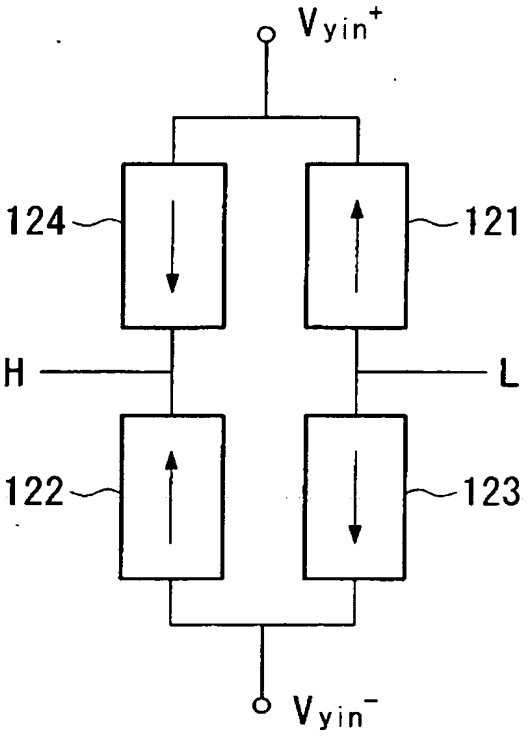
【図３１】


Vxin+
114
111
L
H
112
113
Vxin−

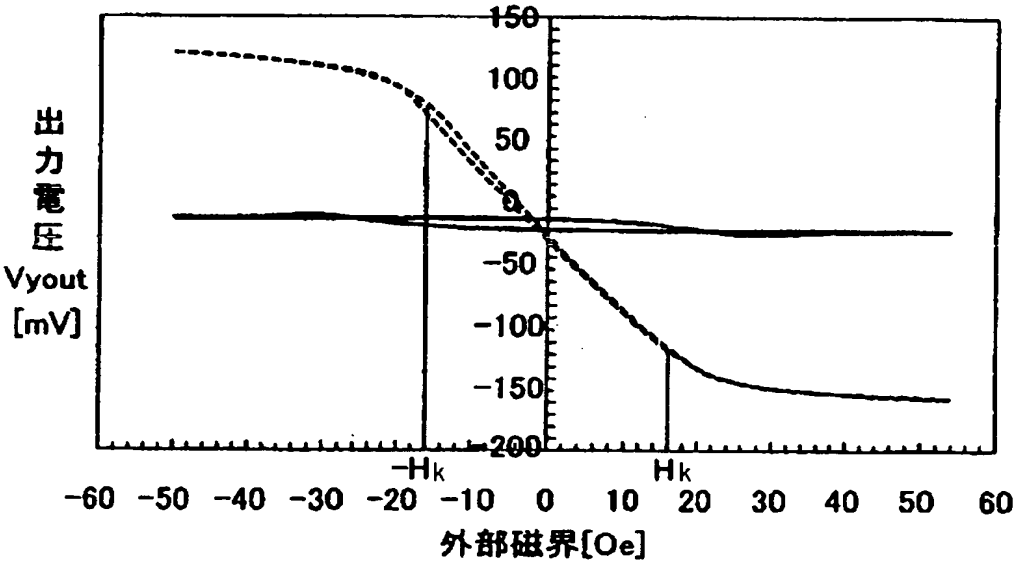
【図３２】


出力電圧 Vxout [mV]
150
100
50
0
−50
−100
−150
−200
−Hk
Hk
−60 −50 −40 −30 −20 −10 0 10 20 30 40 50 60
外部磁界[Oe]

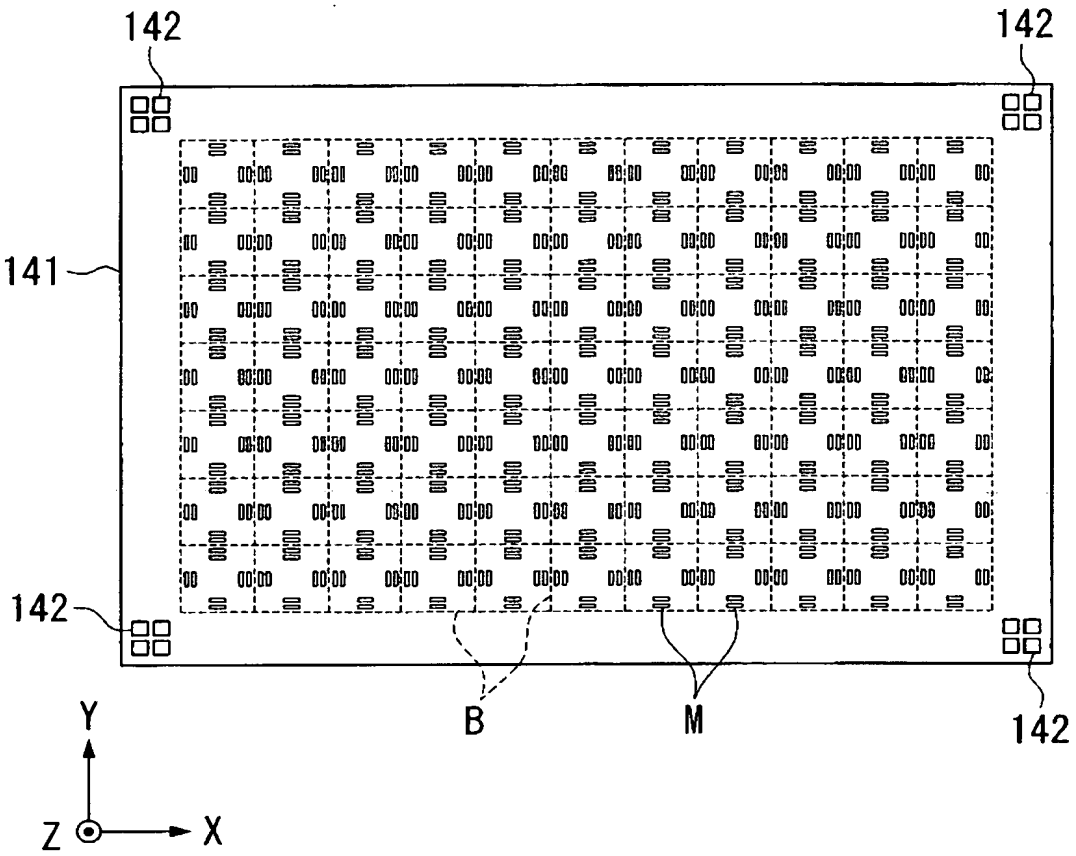
【図３３】


Vyin+
124
121
H
L
122
123
Vyin−

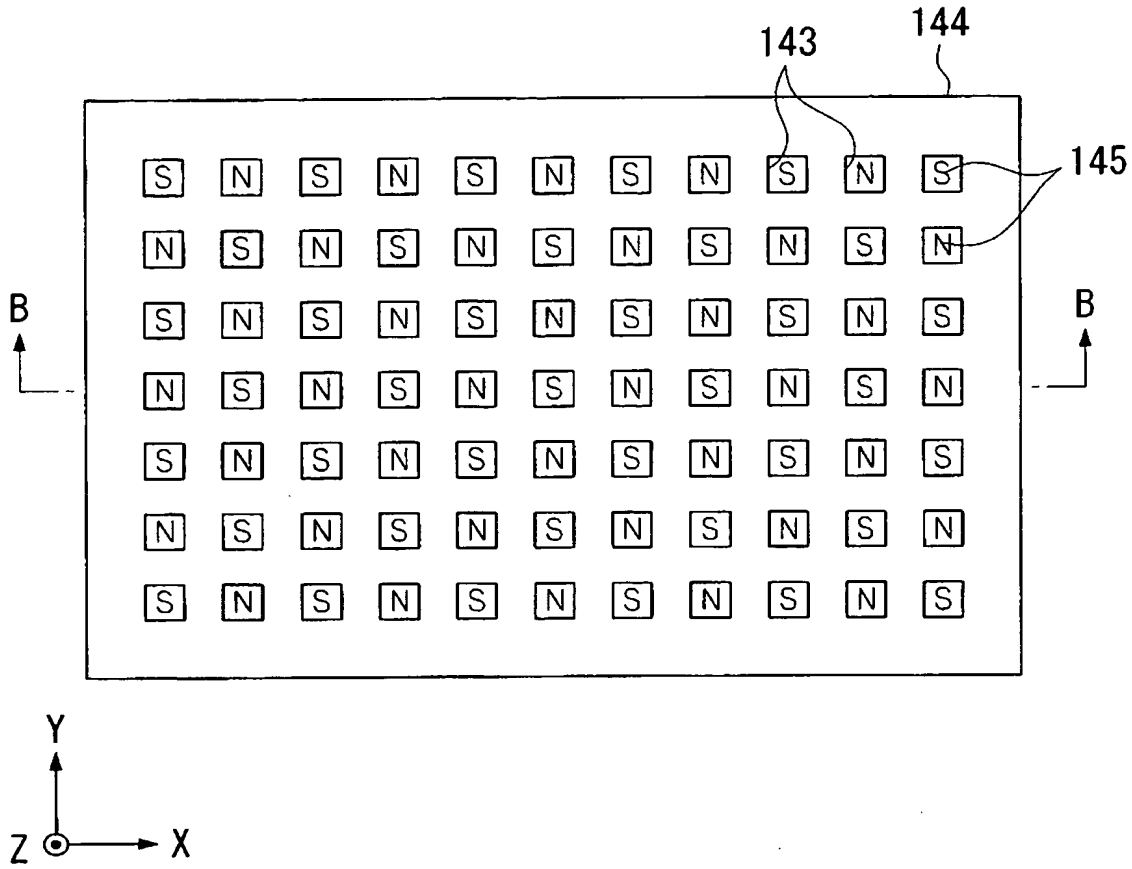
【図３４】


出力電圧
Vyout
[mV]
150
100
50
0
−50
−100
−150
−200
−Hk
Hk
−60 −50 −40 −30 −20 −10 0 10 20 30 40 50 60
外部磁界[Oe]

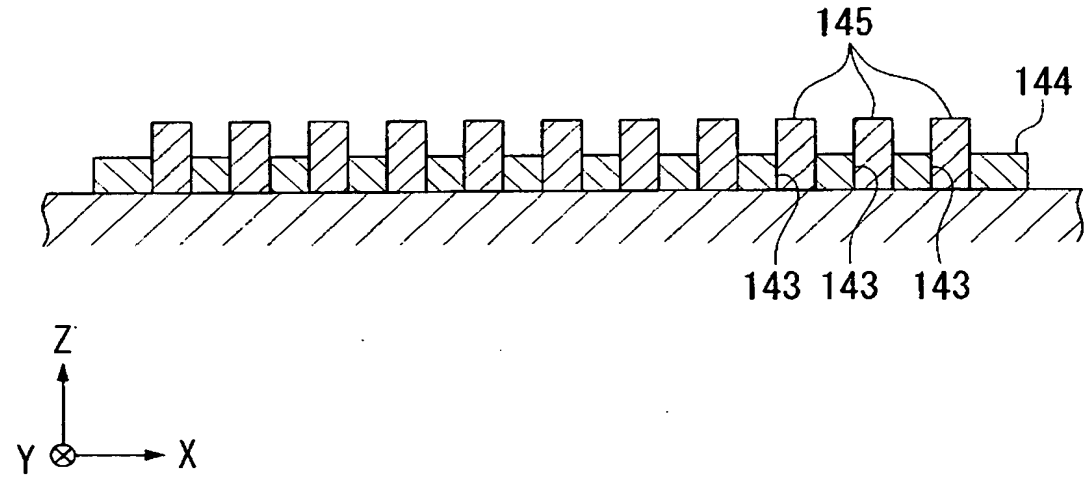
【図３５】



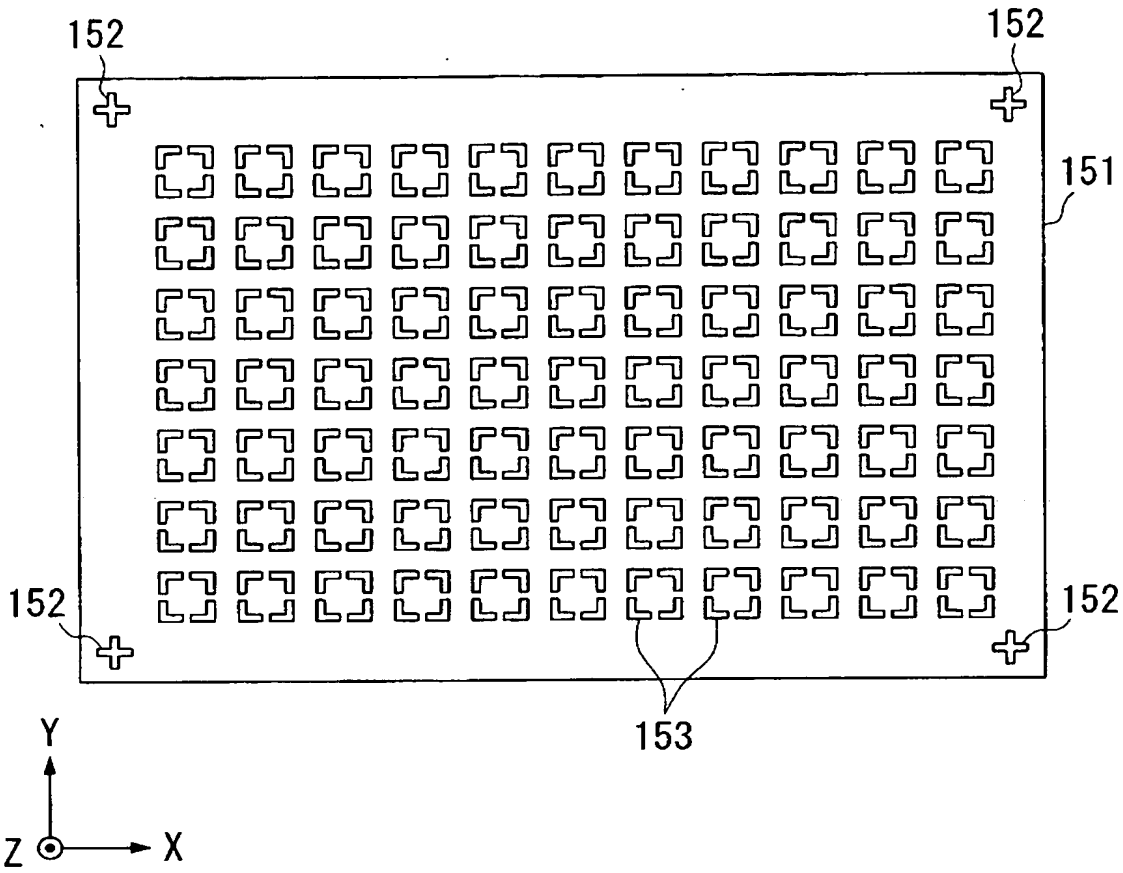
【図３６】



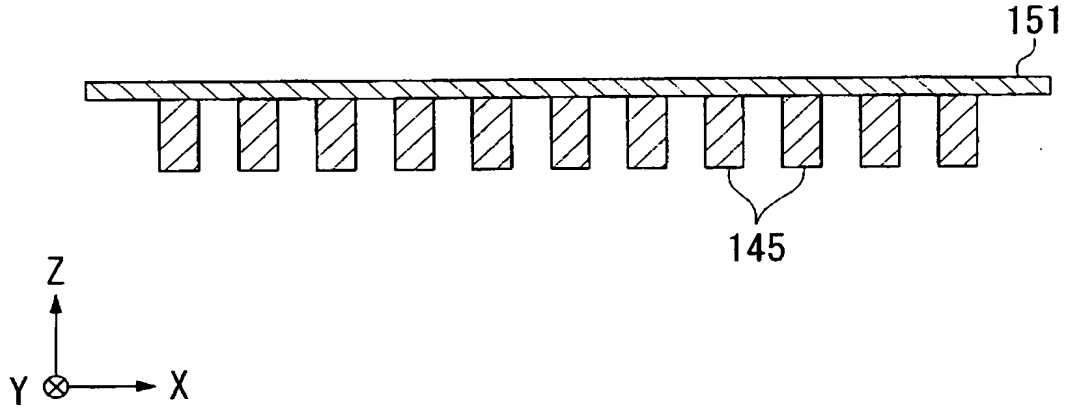
【図３７】



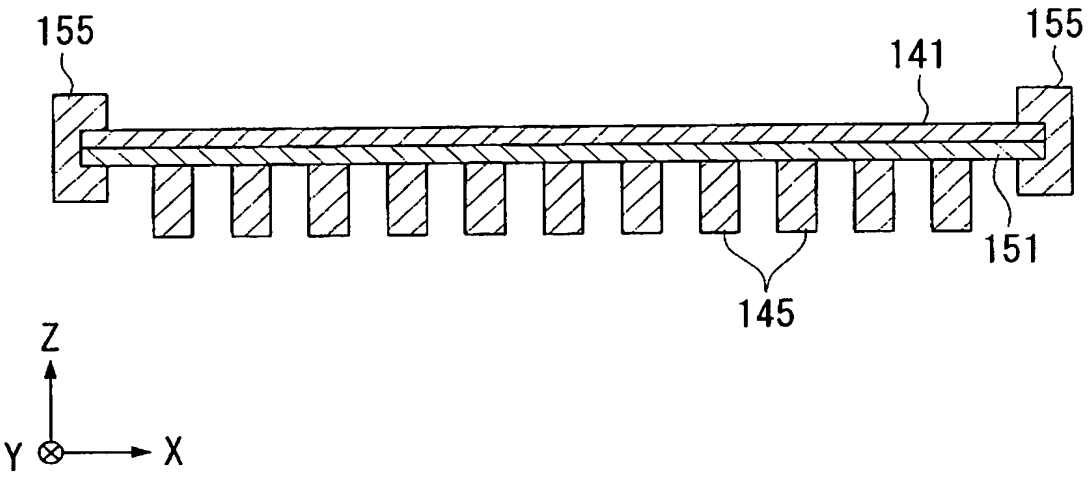
【図３８】



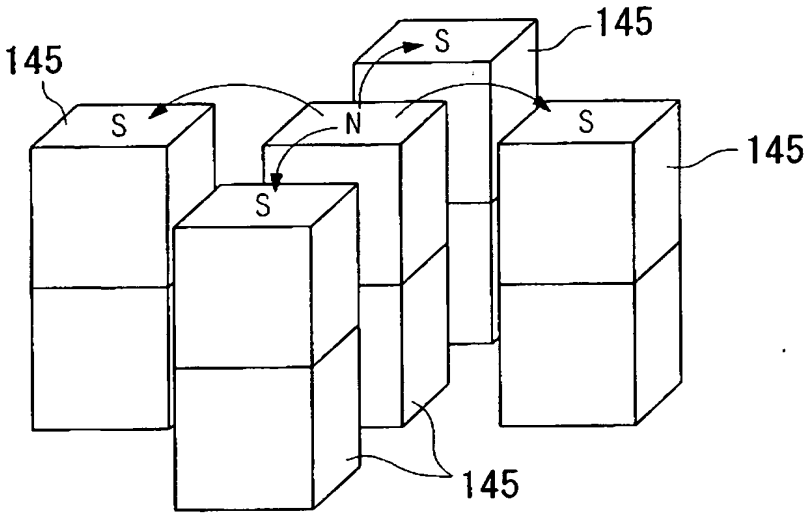
【図３９】



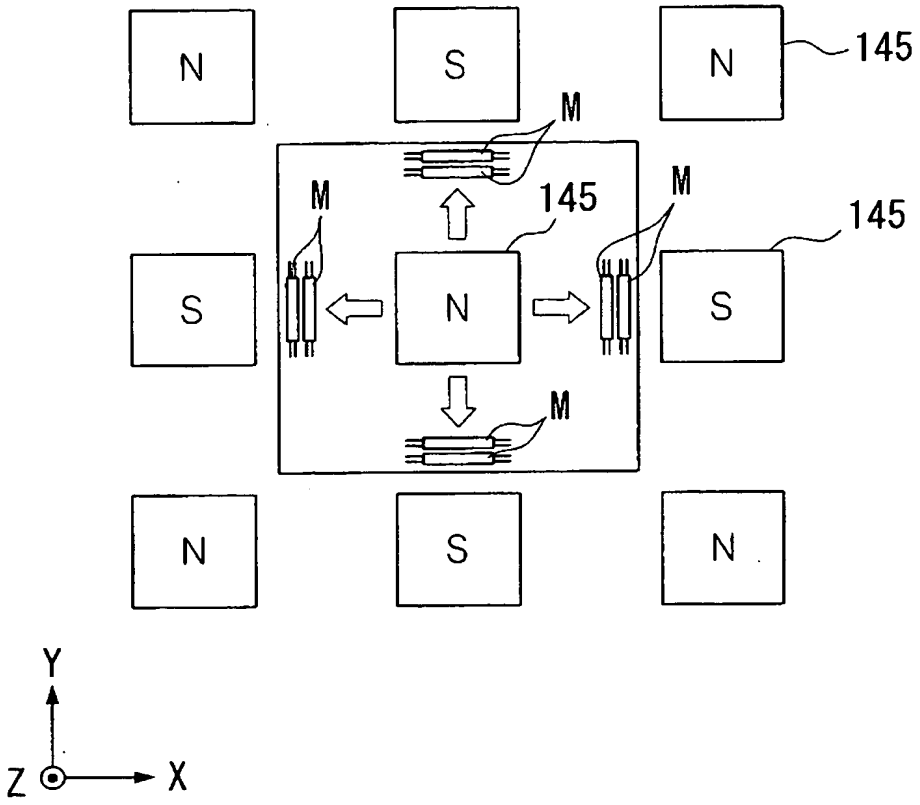
【図４０】



【図４１】



【図４２】



【書類名】　要約書

【要約】

【課題】　強い磁界が加わった場合におけるオフセットの動きを抑制することができ、その結果、耐強磁界特性を向上させることができる磁気センサ及びその製造方法を提供する。

【解決手段】　本発明の磁気センサ１は、石英基板２上に、磁気抵抗効果素子３１と磁気抵抗効果素子３１の両端に接続される永久磁石膜３２、３２とからなるＧＭＲ素子１１～１４、２１～２４を形成し、これら磁気抵抗効果素子３１、３１，…により２軸方向の磁界の大きさを検出するもので、磁気抵抗効果素子３１のピンド層のピン止めされた磁化の向きと、磁気抵抗効果素子３１の長手方向とは、４５°の角度をなすことを特徴とする。

【選択図】　図１

特願２００３－０６５２００

出　願　人　履　歴　情　報

識別番号　　［０００００４０７５］

１．変更年月日　　１９９０年　８月２２日
［変更理由］　　新規登録
住　所　　静岡県浜松市中沢町１０番１号
氏　名　　ヤマハ株式会社